
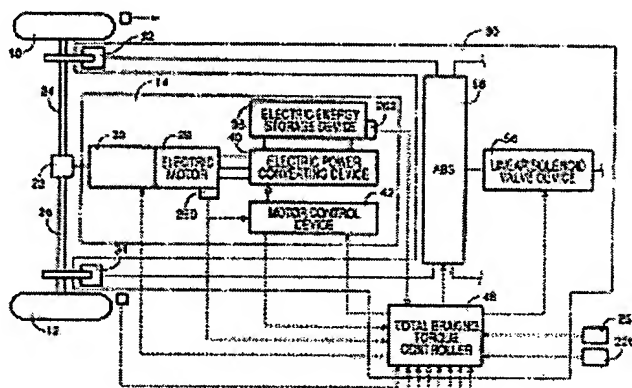


23 JUL 2004

**Motor vehicle braking system with frictional and regenerative brakes****Patent number:** DE19842472**Publication date:** 1999-03-25**Inventor:** SAKAI AKIRA (JP); ASADA HIROKI (JP); ENOMOTO NAOYASU (JP); SAKAI TOSHIYUKI (JP); URABABA SHINGO (JP); FUKASAWA TSUKASA (JP); SAKAMOTO JUNICHI (JP); SUZUKI YOSHINORI (JP)**Applicant:** TOYOTA MOTOR CO LTD (JP); AISIN SEIKI (JP)**Classification:****- International:** B60T8/00; B60T8/58**- european:** B60T8/00, B60L7/26, B60T8/36F6, B60T8/40J, B60T13/58C1**Application number:** DE19981042472 19980916**Priority number(s):** JP19970250546 19970916**Also published as:** US6231134 (B1)**Abstract of DE19842472**

The system has a controller (46) for controlling the overall braking torque, which consists of at least the frictional or regenerative braking torque. The controller operates when the total torque reaches an upper road surface frictional coefficient limit so as to null the regenerative braking torque and reduce the frictional braking torque.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

100-3-20-10-1



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 42 472 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 60 T 8/00**  
B 60 T 8/58

②1 Aktenzeichen: 198 42 472.8  
②2 Anmeldetag: 16. 9. 98  
④3 Offenlegungstag: 25. 3. 99



DE 198 42 472 A 1

③0 Unionspriorität:  
9-250546 16. 09. 97 JP

⑦1 Anmelder:  
Aisin Seiki K.K., Kariya, Aichi, JP; Toyota Jidosha  
K.K., Toyota, Aichi, JP

⑦4 Vertreter:  
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,  
KAISER, POLTE, KINDERMANN, Partnerschaft,  
85354 Freising

⑦2 Erfinder:  
Fukasawa, Tsukasa, Toyota, Aichi, JP; Sakai, Akira,  
Toyota, Aichi, JP; Asada, Hiroki, Toyota, Aichi, JP;  
Sakamoto, Junichi, Toyota, Aichi, JP; Urababa,  
Shingo, Toyota, Aichi, JP; Suzuki, Yoshinori, Kariya,  
Aichi, JP; Sakai, Toshiyuki, Kariya, Aichi, JP;  
Enomoto, Naoyasu, Kariya, Aichi, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Fahrzeugbremssystem mit Reibungs- und regenerativen Bremsvorrichtungen

⑤7 Ein Fahrzeugbremssystem enthält eine Reibungs-  
bremsvorrichtung zur Aufbringung eines Reibungs-  
bremsdrehmoments auf eine Mehrzahl von Rädern des  
Fahrzeugs, eine regenerative Bremsvorrichtung, welche  
wenigstens einen Elektromotor zum Aufbringen eines re-  
generativen Bremsdrehmoments auf wenigstens ein An-  
triebsrad des Fahrzeugs aufweist, und eine Gesamt-  
bremsdrehmomentsteuerungseinrichtung zur Steuerung  
eines Gesamtbremsdrehmoments, welches sich aus dem  
regenerativen Bremsdrehmoment und/oder dem Rei-  
bungsbremsdrehmoment zusammensetzt, welche jedem  
der Räder aufgebracht werden. Wenn das Gesamtbrems-  
drehmoment wenigstens eines der Räder eine obere  
Grenze entsprechend einem Reibungskoeffizienten einer  
Straßenoberfläche, auf welcher das Motorfahrzeug fährt,  
überschritten hat, arbeitet die Gesamtbremsdrehmo-  
mentsteuervorrichtung dahingehend, daß das regenerati-  
ve Bremsdrehmoment jedes der oben angezeigten Räder,  
von denen wenigstens eines vorhanden ist, auf null zu  
bringen und das Reibungsbremsdrehmoment dieses Ra-  
des zu steuern, während ein Einfluß des auf null Bringens  
des regenerativen Bremsdrehmoments reduziert wird.

DE 198 42 472 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Bremssystem für ein Motorfahrzeug, welches sowohl eine Friktionsbremsvorrichtung als auch eine regenerative Bremsvorrichtung enthält.

Ein Beispiel eines Fahrzeugbremssystems des oben angezeigten Typs ist in der JP-A-6-171489 offenbart. Die Reibungsbremsvorrichtung ist derart eingerichtet, daß ein Reibungsbremsdrehmoment jedem einer Mehrzahl von Rädern des Fahrzeugs durch einen Reibungseingriff eines Reibungsteils mit einem Rotor aufgebracht wird, welcher mit dem Rad rotiert. Demgegenüber ist die regenerative Bremsvorrichtung derart eingerichtet, daß ein regeneratives Bremsdrehmoment wenigstens einen Antriebsrad des Fahrzeugs durch regeneratives Bremsen von wenigstens einem Elektromotor aufgebracht wird, der mit dem oben angezeigten, wenigstens einem Antriebsrad verbunden ist. Bei dem Fahrzeugbremssystem, welches sowohl diese Reibungs- als auch regenerative Bremsvorrichtung enthält, wird jedes der Räder mit einem Gesamtbremsdrehmoment gebremst, welches wenigstens das Reibungsbremsdrehmoment und das regenerative Bremsdrehmoment beinhaltet. Wenn das Gesamtbremsdrehmoment eines gegebenen Rades eine obere Grenze entsprechend einem Reibungskoeffizienten einer Straßenoberfläche überschritten hat, wird die Reibungsbremsvorrichtung nicht gesteuert, so daß das Reibungsbremsdrehmoment derart gesteuert wird, daß das Rad im wesentlichen in einem optimalen Rutsch- bzw. Gleitzustand gehalten wird, während das regenerative Bremsdrehmoment auf null gehalten wird.

Bei dem in der oben identifizierten Veröffentlichung offenbarten Fahrzeugbremssystem besitzt die Antiblockiersteuerung der Reibungsbremsvorrichtung des Antriebsrads die Schwierigkeit, daß eine Unzulänglichkeit des Gesamtbremsdrehmoments infolge eines auf null Gehens des regenerativen Bremsdrehmoments auftritt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Bremssystem für ein Motorfahrzeug bereitzustellen, welches eine Reibungsbremsvorrichtung und eine regenerative Bremsvorrichtung enthält und angepaßt ist, daß ein Einfluß des auf null Gehens des regenerativen Bremsdrehmoments während einer Antiblockiersteuerung der Reibungsbremsvorrichtung reduziert wird.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der nebengeordneten unabhängigen Ansprüche.

(1) Ein Bremssystem für ein Motorfahrzeug mit einer Mehrzahl von Rädern einschließlich wenigstens eines Antriebsrads enthält:

- eine Reibungsbremsvorrichtung zum Drücken eines Reibungsteils auf einen Rotor, welcher mit jedem der Räder rotiert, um dadurch ein Reibungsbremsdrehmoment auf jedes Rad aufzubringen;
- eine regenerative Bremsvorrichtung, welche wenigstens einen Elektromotor enthält, der mit dem oben beschriebenen wenigstens einen Antriebsrad verbunden ist, um ein regeneratives Bremsdrehmoment dem oben angezeigten wenigstens einen Antriebsrad aufzubringen; und
- eine Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung zum Steuern eines Gesamtbremsdrehmoments einschließlich eines regenerativen Bremsdrehmoments und des Reibungsbremsdrehmoments, welches auf jedes der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, wobei die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung arbeitet, wenn das auf jedes der in der Mehrzahl vorkom-

menden Räder aufgebrachte Gesamtbremsdrehmoment einen oberen Grenzwert entsprechend einem Reibungskoeffizienten einer Straßenoberfläche, auf welcher das Fahrzeug fährt, überschritten hat, um das regenerative Bremsdrehmoment jedes der oben angezeigten wenigstens einmal vorhandenen Rades auf null zu bringen und das Reibungsbremsdrehmoment jedes oben angezeigten wenigstens einmal vorhandenen Rades zu steuern, während der Einfluß des auf null Bringens bzw. Gehens des regenerativen Bremsdrehmoments reduziert wird.

Bei dem Fahrzeugbremssystem dieser Betriebsart der vorliegenden Erfindung wird das regenerative Bremsdrehmoment, welches auf jedes Antriebsrad aufgebracht wird, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, auf null gebracht, und es wird das Reibungsbremsdrehmoment des Rades gesteuert, um den Einfluß des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments zu reduzieren. Der durch das auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments hervorgerufene Einfluß beinhaltet eine Unzulänglichkeit des Gesamtbremsdrehmoments des Antriebsrads, wobei eine Antiblockiersteuerung der Reibungsbremsvorrichtung für das Antriebsrad bewirkt wird, und ein abruptes Erhöhen des Reibungsbremsdrehmoments bezüglich des im Hinblick auf eine Antiblockiersteuerung nicht gesteuerten Rads, welches nicht der Antiblockiersteuerung unterworfen ist. Die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung wird betätigt, um diese Arten des Einflusses des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments zu reduzieren.

Die Unzulänglichkeit des Gesamtbremsdrehmoments des Antriebsrads kann durch Reduzieren des Betrags der Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments oder durch Erhöhen der Rate oder des Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrucks während der Antiblockiersteuerung der Reibungsbremsvorrichtung im Vergleich mit einer Antiblockierbremssteuerung in einem Fahrzeugbremssystem, welches eine regenerative Bremsvorrichtung nicht enthält, oder im Vergleich mit einer normalen Antiblockiersteuerung der Reibungsbremsvorrichtung, welche wirksam wird, wenn die regenerativen Bremsdrehmomente aller Räder null betragen, verringert werden. Da das Gesamtbremsdrehmoment des Antriebsrads durch das auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments reduziert wird, wird es erwünscht, daß Reibungsbremsdrehmoment derart zu steuern, daß das Reibungsbremsdrehmoment größer als die normale Antiblockiersteuerung ist, so daß das Antriebsrad im wesentlichen in dem optimalen Gleitzustand gehalten wird. Bei dieser Anordnung, bei welcher das Reibungsbremsdrehmoment des Antriebsrads während der Antiblockiersteuerung auf einen relativ großen Wert gesteuert wird, wird die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung derart konzipiert, daß die zur Reduzierung oder Begrenzung des Bremsdrehmoments angepaßte Antiblockiersteuereinrichtung oder die zum Bewirken einer Antiblockiersteuerung bezüglich des Antriebsrads angepaßte Antiblockiersteuereinrichtung enthält.

(2) Es wird ein Bremssystem der oben beschriebenen Betriebsart (1) bereitgestellt, bei welchem die Reibungsbremsvorrichtung (a) einen gemeinsamen Controller zum gemeinsamen Steuern der Reibungsbremsdrehmomente der Mehrzahl von Rädern und (b) unabhängige Controller zum Steuern der jeweiligen Reibungsbremsdrehmomente der Mehrzahl von Rädern unabhängig voneinander enthält und die Gesamtbrems-

drehmomentsteuereinrichtung (c) eine Kooperationssteuereinrichtung zur Steuerung des gemeinsamen Kontrollers derart, daß eine Summe des Reibungs-bremsdrehmoments und des regenerativen Bremsdrehmoments mit einem Sollbremsdrehmomentwert übereinstimmt, welcher von einem Bediener des Motorfahrzeugs gewünscht wird, und eine (d) Antiblockiersteuereinrichtung zum Steuern der unabhängigen Kontroller derart enthält, daß das Reibungs-bremsdrehmoment jedes von einem entsprechenden der unabhängigen Kontroller gesteuerten Rads es jedem Rad gestattet, in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand gehalten zu werden.

In der oben beschriebenen Betriebsart (2) der vorliegenden Erfindung sind die Reibungs-bremsdrehmomente aller der in der Mehrzahl vorkommenden Räder erhöht, wenn das regenerative Antriebsdrehmoment auf null gebracht wird, wenn das auf wenigstens eines der Räder aufgebrachte Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat. Desweiteren wird das Reibungs-bremsdrehmoment jedes Rades, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, von der Antiblockiersteuereinrichtung gesteuert. Dementsprechend wird das Gesamtbremsdrehmoment des nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Rads oder der Räder, deren Reibungs-bremsdrehmoment nicht durch die Antiblockiersteuereinrichtung gesteuert wird, abrupt oder rasch erhöht. Wenn das nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Rad das nicht angetriebene Rad ist, wird das Reibungs-bremsdrehmoment des nicht angetriebenen Rads, dem das regenerative Bremsdrehmoment nicht aufgebracht worden ist, von dem gemeinsamen Kontroller und der Kooperationssteuereinrichtung um einen Betrag gleich dem regenerativen Bremsdrehmoment rasch erhöht, welches auf das Antriebsrad aufgebracht worden ist. Als Ergebnis wird die Laufstabilität des Fahrzeugs verschlechtert, oder es wird die Antiblockiersteuerung der Reibungs-bremsvorrichtung für das nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Rad zu einem früheren Zeitpunkt als erforderlich initialisiert. Demgegenüber kann das rasche Erhöhen des Gesamtbremsdrehmoments des nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Rads infolge des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments verhindert werden, falls die Rate oder der Gradient, auf welchen das Reibungs-bremsdrehmoment des nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Rads erhöht wird, von dem unabhängigen Kontroller beschränkt oder zurückgehalten wird. In diesem Fall kann erwogen werden, das Reibungs-bremsdrehmoment (oder das Gesamtbremsdrehmoment) des nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Rads langsam oder allmählich durch eine Einrichtung zur langsamen Erhöhung des Drehmoments zu erhöhen, welche den unabhängigen Kontroller entsprechend dem nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Rad steuert. Es ist möglich, ins Auge zu fassen, daß der unabhängige Kontroller durch eine Einrichtung zur Beschränkung des Gradienten der Erhöhung des Reibungs-bremsdrehmoments gesteuert wird.

Wenn das nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Rad das Antriebsrad ist, wird das Reibungs-bremsdrehmoment des Antriebsrads um einen Betrag gleich dem regenerativen Bremsdrehmoment erhöht, welches darauf aufgebracht worden ist und welches auf null gebracht worden ist. Daher verbleibt der auf das Antriebsrad aufgebrachte Gesamtbremsdruck unverändert, bevor oder nachdem das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht worden ist. Es kann jedoch tatsächlich das Gesamtbremsdrehmoment temporär rasch erhöht werden, da die Rate der Erhöhung des Reibungs-bremsdrehmoments größer als die Rate der Verrin-

gerung des regenerativen Bremsdrehmoments auf null ist.

Das Rad, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, kann das Antriebsrad oder das nicht angetriebene Rad sein. In jedem Fall kann das regenerative Bremsdrehmoment des Antriebsrads auf null gebracht werden. Alternativ wird das regenerative Bremsdrehmoment des Antriebsrads lediglich dann auf null gebracht, wenn sein Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, und nicht auf null gebracht, wenn das Gesamtbremsdrehmoment des nicht angetriebenen Rads die obere Grenze überschritten hat.

(3) Es wird ein Bremssystem entsprechend der oben beschriebenen Betriebsart (1) oder (2) bereitgestellt, bei welchem die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung eine Bremsdrehmomentsteuereinrichtung enthält, welche wenigstens (1) eine Antriebsradantiblockiersteuereinrichtung zum Steuern des Reibungs-bremsdrehmoments, welches auf jedes des oben angezeigten wenigstens einen Antriebsrads aufgebracht wird, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, so daß jedes der oben angezeigten wenigstens einfach vorhandenen Antriebsräder in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand gehalten wird, während ein Verringern des Gesamtbremsdrehmoments infolge des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments beschränkt wird, und (2) eine Einrichtung zum Beschränken eines Gradienten der Erhöhung des Reibungs-bremsdrehmoments wenigstens eines der in der Mehrzahl vorhandenen Räder außer dem oben angezeigten wenigstens einen Rad aufweist, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat.

Wenn die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung die Antriebsradantiblockiersteuereinrichtung enthält, wird das Reibungs-bremsdrehmoment, welches jedem Antriebsrad aufgebracht wird, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, gesteuert, um das Antriebsrad in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand zu halten und ein Verringern des Gesamtbremsdrehmoments des Antriebsrads zu beschränken.

Wenn die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung die Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungs-bremsdrehmoments enthält, wird das Reibungs-bremsdrehmoment des nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Rads auf das auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments erhöht, es wird jedoch die Rate oder Gradient der Erhöhung des Reibungs-bremsdrehmoments beschränkt oder zurückgehalten.

(4) Ein Bremssystem für ein Motorfahrzeug mit einer Mehrzahl von Rädern, welche wenigstens ein Antriebsrad enthalten, enthält: eine Reibungs-bremsvorrichtung zum Drücken eines Reibungs-teils auf einen Rotor, welcher mit jedem der Räder rotiert, um dadurch ein Reibungs-bremsdrehmoment auf jedes Rad aufzubringen; eine regenerative Bremsvorrichtung, welche wenigstens einen Elektromotor enthält, der mit dem oben angezeigten wenigstens einen Antriebsrad verbunden ist, um ein regeneratives Bremsdrehmoment auf das oben angezeigte wenigstens einen Antriebsrad aufzubringen; und eine Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung zum Steuern eines Gesamtbremsdrehmoments, welches auf jedes der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, wobei das Gesamtbremsdrehmoment wenigstens das Reibungs-bremsdrehmoment oder das regenerative Bremsdrehmoment

enthält und die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung eine erste Antiblockiersteuereinrichtung zum Steuern des auf wenigstens eines der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebrachten Gesamtbremsdrucks enthält, um jedes der oben angezeigten wenigstens einfach vorkommenden Räder in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand zu halten, wenn das Gesamtbremsdrehmoment, welches auf jedes der oben angezeigten wenigstens einfach vorkommenden Räder aufgebracht wird, eine obere Grenze entsprechend einem Reibungskoeffizienten einer Straßenoberfläche überschritten hat, auf welcher das Motorfahrzeug fährt, während das regenerative Bremsdrehmoment oder das Reibungsbremsdrehmoment des Gesamtbremsdrehmoments, welches auf die in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, null beträgt, und eine Drehmomentsteuereinrichtung zum Steuern des auf die in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebrachten Gesamtbremsdrehmoments, wenn das Gesamtbremsdrehmoment, welches auf jedes der in der Mehrzahl vorkommenden Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, aufgebracht wird, die obere Grenze überschritten hat, während weder das regenerative Bremsdrehmoment, welches jedem Antriebsrad aufgebracht wird, noch das Reibungsbremsdrehmoment, welches der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, null beträgt, wobei die Bremsdrehmomentsteuereinrichtung (1) eine regenerative Bremsdrehmomentreduzierungs-einrichtung zum auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments und (2) wenigstens eine Einrichtung enthält aus (a) einer zweiten Antiblockiersteuerung zum Steuern des Reibungsbremsdrehmoments jedes der oben angezeigten Antriebsräder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, deren Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, um jede der oben angezeigten Antriebsräder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand zu halten, so daß das von der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung gesteuerte Reibungsbremsdrehmoment im allgemeinen größer als das ist, welches von der ersten Antiblockiersteuereinrichtung gesteuert wird, und (b) einer Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments wenigstens eines der in der Mehrzahl vorkommenden Räder, außer dem oben angezeigten wenigstens einen Rad, dessen Gesamtbremsdruck die obere Grenze überschritten hat.

Wenn das Gesamtbremsdrehmoment wenigstens eines der Räder die obere Grenze überschritten hat, während das regenerative Bremsdrehmoment oder das Reibungsbremsdrehmoment null beträgt, wird das nicht auf null gebrachte regenerative oder Reibungsbremsdrehmoment (Gesamtbremsdrehmoment) des Rads, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, von der ersten Antiblockiersteuereinrichtung gesteuert hat. Wenn das Gesamtbremsdrehmoment wenigstens eines der Räder die obere Grenze überschritten hat, während weder das regenerative Bremsdrehmoment noch das Reibungsbremsdrehmoment jedes Rades, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, null beträgt, wird das regenerative Bremsdrehmoment des Rades durch die regenerative Bremsdrehmomentreduzierungs-einrichtung auf null gebracht und der Gesamtbremsdruck wenigstens eines der in der Mehrzahl vorkommenden Räder durch die Bremsdrehmomentsteuereinrichtung gesteuert.

Die regenerative Bremsdrehmomentreduzierungs-ein-

richtung kann auf entweder ein rasches oder allmähliches Reduzieren des regenerativen Bremsdrehmoments auf null angepaßt werden.

(5) Es wird ein Bremssystem der oben beschriebenen Betriebsart (4) bereitgestellt, wobei die Bremsdrehmomentsteuereinrichtung sowohl die zweite Antiblockiersteuerung als auch die Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments enthält.

(6) Es wird ein Bremssystem der oben beschriebenen Betriebsart (4) bereitgestellt, wobei die Bremsdrehmomentsteuereinrichtung die zweite Antiblockiersteuerung oder die Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments enthält.

Der Einfluß des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments kann verringert werden durch Bereitstellen einer der zweiten Antiblockiersteuerung und der Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments. Wenn beide, die zweite Antiblockiersteuerung und die Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments, vorgesehen sind, können diese zwei Einrichtungen entweder gleichzeitig oder zu unterschiedlichen Zeiten betrieben werden. Jedoch kann der Einfluß des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments schneller verringert werden, wenn die zwei Einrichtungen gleichzeitig betrieben werden.

Wenn das Rad, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, das Antriebsrad ist, wird das Reibungsbremsdrehmoment von der zweiten Antiblockiersteuerung gesteuert, so daß das Reibungsbremsdrehmoment, welches von der zweiten Antiblockiersteuerung gesteuert wird, im allgemeinen größer als das von der ersten Antiblockiersteuerung gesteuerte ist. Beispielsweise kann die zweite Antiblockiersteuerung angepaßt werden, um den Betrag der Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments zu verringern oder die Rate oder den Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments zu erhöhen. Es ist nicht nötig, sowohl die Reduzierung des Betrags der Verringerung als auch das Erhöhen des Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments zu bewirken. Es ist hinreichend, entweder die Verringerung oder die Erhöhung zu bewirken.

Das gesamte regenerative Bremsdrehmoment des Antriebsrads wird unzulänglich, falls das Reibungsbremsdrehmoment des Antriebsrads von der ersten Antiblockiersteuereinrichtung auf das auf null bringen des regenerativen Bremsdrehmoments des Antriebsrads gesteuert wird. Jedoch steuert die zweite Antiblockiersteuerung das Reibungsbremsdrehmoment derart, daß das Reibungsbremsdrehmoment größer ist, als wenn es von der ersten Antiblockiersteuereinrichtung gesteuert wird. Daher ist die zweite Antiblockiersteuerung effektiv, um die Unzulänglichkeit des Gesamtbremsdrehmoments des Antriebsrads geeignet zu verhindern.

Der Betrag der Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments kann beispielsweise durch Verkürzen der Zeitdauer reduziert werden, in welcher das Reibungsbremsdrehmoment verringert wird. Wenn das Reibungsbremsdrehmoment durch abwechselndes Verringern und Halten des Reibungsbremsdrehmoments verringert wird, kann der Betrag der Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments durch Reduzieren des Verhältnisses der Zeitdauer reduziert werden, in welcher das Reibungsbremsdrehmoment verringert wird, bis zu der Zeitdauer, in welcher das Reibungsbrems-

drehmoment konstant gehalten wird. In dem letztgenannten Fall kann der Betrag des Verringerens durch Reduzieren des Verhältnisses der Verringerungszeitdauer auf die Summe der Verringerungs- und Haltezeitdauer reduziert werden. Die Zeitdauer, welche zum Reduzieren des Betrags der Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments benötigt wird, kann durch Ändern der Verringerungsoperation auf die Halte- oder Erhöhungsoperation zu einem relativ frühen Zeitpunkt reduziert werden. Wenn die Verringerungsoperation zur Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments auf die Halte- oder Erhöhungsoperation geändert wird, um das Reibungsbremsdrehmoment zu halten oder zu erhöhen, wenn der Beschleunigungswert des Fahrzeugs einen vorbestimmten Schwellenwert überschritten hat, kann beispielsweise die oben beschriebene Änderung zu einem relativ frühen Zeitpunkt durch Reduzieren des Schwellenwerts stattfinden. Des weiteren kann die Rate der Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments durch Erhöhen des oben angezeigten Verhältnisses der Verringerungszeitdauer auf die Haltezeitdauer verringert werden, und die Rate des Erhöehens kann durch Erhöhen des Verhältnisses der Erhöhungszeitdauer erhöht werden. Es ist möglich, den Betrag der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments ebenso wie die Rate der Erhöhung zu erhöhen.

Der Betrag des Verringerens und die Rate des Erhöehens des Reibungsbremsdrehmoments können in Abhängigkeit des regenerativen Bremsdrehmoments bestimmt werden, unmittelbar bevor das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht wird. Der Betrag der Verringerung und der Rate der Erhöhung durch die erste Antiblockiersteuereinrichtung können in Abhängigkeit des regenerativen Bremsdrehmoments unmittelbar vor dem auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments kompensiert werden. In diesem Fall werden die Kompensationsbeträge des Betrags der Verringerung und der Rate der Erhöhung in Abhängigkeit des regenerativen Bremsdrehmoments unmittelbar vor dem auf null Bringen bestimmt. Die Kompensationsbeträge können ebenfalls auf der Grundlage eines Zeitverstreichens nach der Initialisierung der Steuerung durch die zweite Antiblockiersteuerung bestimmt werden. Die Kompensationsbeträge werden mit einem Erhöhen des Zeitverstreichens verringert, da der Einfluß des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments sich verringert, wenn die Zeit nach der Initialisierung der Steuerung durch die zweite Antiblockiersteuereinrichtung verstreicht.

Wenn wie oben beschrieben das Rad, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, das Antriebsrad ist, wird der Betrag der Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments von der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung reduziert, und/oder es wird die Rate oder der Gradient der Erhöhung der Reibungsbremsdrehmomentsteuereinrichtung durch die Antiblockiersteuerung erhöht. Somit wird ins Auge gefaßt, daß die zweite Antiblockiersteuereinrichtung wenigstens eine der Verringerungsbetragbeschränkungseinrichtung zum Beschränken oder Zurückhalten des Betrags der Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments und der Gradientenerhöhungseinrichtung zur Erhöhung des Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments enthält. Wenn der Betrag der Verringerung und der Gradient der Erhöhung durch Kompensieren des Betrags der Verringerung und des Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments durch die erste Antiblockiersteuereinrichtung bestimmt sind, wird ins Auge gefaßt, daß die zweite Antiblockiersteuereinrichtung eine Verringerungsbetragkompensierungseinrichtung zum Kompensieren des Betrags der Verringerung durch die erste Antiblockiersteuereinrichtung und eine Gradientenerhöhungskompensationseinrichtung zum Kompensieren des Gradienten

ten der Erhöhung durch die erste Antiblockiersteuereinrichtung enthält. Wenn die Kompensationsbeträge auf der Grundlage wenigstens des vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmoments oder des oben angezeigten Zeitverstreichens bestimmt sind, wird ins Auge gefaßt, daß die zweite Antiblockiersteuereinrichtung eine Einrichtung zur Bestimmung der Kompensationsbeträge entsprechend dem vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmoment und eine Einrichtung zur Bestimmung der Kompensationsbeträge entsprechend dem Zeitverstreichen enthält.

Demgegenüber wird der Gradient der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments des nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Rads, dessen Gesamtbremsdrehmoment nicht die obere Grenze überschritten hat, durch die Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments gesteuert. Wenn der Gradient des Erhöehens des Reibungsbremsdrehmoments in Abhängigkeit des vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmoments unmittelbar vor dem auf null Bringen gesteuert wird, kann das Reibungsbremsdrehmoment mit einem Gradienten erhöht werden, welcher durch den Änderungsbetrag des Reibungsbremsdrehmoments bestimmt wird.

Da die Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments betrieben wird, bevor die Antiblockiersteuerung eingeleitet wird, kann diese Einrichtung als Vorantiblockiersteuerungsgradientenbeschränkungseinrichtung bezeichnet werden.

(7) Es wird ein Bremssystem entsprechend der oben beschriebenen Betriebsart (4) bereitgestellt, bei welchem die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung eine Schalteinrichtung zum Deaktivieren der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung und zum Aktivieren der ersten Antiblockiersteuereinrichtung enthält.

(8) Es wird ein Bremssystem entsprechend der oben beschriebenen Betriebsart (7) bereitgestellt, bei welchem die Schalteinrichtung die zweite Antiblockiersteuerung deaktiviert und die erste Antiblockiersteuerung aktiviert, wenn eine vorbestimmte Bedingung erfüllt wird.

Die Bremsdrehmomentsteuereinrichtung enthält wenigstens die zweite Antiblockiersteuereinrichtung oder die Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments wie oben beschrieben. Die Schalteinrichtung kann betätigt werden, um die zweite Antiblockiersteuereinrichtung zu deaktivieren und die erste Antiblockiersteuereinrichtung zu aktivieren, wenn wenigstens eine der Bedingungen zum Beenden von Operationen der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung und der Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbegrenzungs-drehmoments erfüllt wird. Jedoch kann die Schalteinrichtung betätigt werden, wenn irgendeine andere Bedingung erfüllt wird.

Die oben angezeigte vorbestimmte Bedingung kann erfüllt werden, wenn der Einfluß des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments hinreichend reduziert wird. Beispielsweise enthält die vorbestimmte Bedingung wenigstens eine Bedingung (A) dahingehend, daß das Gesamtbremsdrehmoment des Antriebsrads, dessen regeneratives Bremsdrehmoment durch die regenerative Bremsdrehmomentreduziereinrichtung auf null gebracht worden ist und dessen Reibungsbremsdrehmoment durch die zweite Antiblockiersteuereinrichtung gesteuert wird, um einen ersten Betrag erhöht worden ist, welcher ausreicht, um einen Betrag der Reduzierung des durch das auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments hervorgerufenen Gesamtbremsdrehmoments zu kompensieren; eine Bedingung (B)



dahingehend, daß das Reibungsbremsdrehmoment des Rades, dessen Gesamtbremsdrehmoment durch die Bremsdrehmomentstetiereinrichtung nicht gesteuert wird, um einen zweiten Betrag erhöht worden ist, welcher im wesentlichen gleich dem Gesamtbremsdrehmoment ist, bevor das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht worden ist; und eine Bedingung (C) dahingehend enthält, daß der Einfluß des regenerativen Bremsdrehmoments auf die Antiblockiersteuerung der Reibungsbremsvorrichtung reduziert worden ist.

Die Bedingung (A) kann erfüllt werden, wenn eine vorbestimmte Anzahl von Operationen der zweiten Antiblockiersteuerung zur Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments und/oder eine vorbestimmte Anzahl von Operationen der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung zur Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments durchgeführt worden ist. In diesem Fall wird die vorbestimmte Anzahl von Operationen der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung zur Beschränkung des Betrags der Verringerung oder Erhöhung des Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments bestimmt, um die Unzulänglichkeit des Gesamtbremsdrehmoments des Antriebsrads aufzuheben.

Die Bedingung (B) kann erfüllt werden, wenn das Reibungsbremsdrehmoment des Antriebsrads um einen Betrag gleich dem regenerativen Bremsdrehmoment, welches auf null gebracht worden ist, erhöht worden ist. Nachdem das Gesamtbremsdrehmoment auf einen Wert nahezu gleich dem Wert erhöht worden ist, bevor das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht worden ist, wird die Antiblockiersteuerung des Antriebsrads durch die zweite Antiblockiersteuereinrichtung nicht länger benötigt.

Die Bedingung (C) kann erfüllt werden, wenn eine vorbestimmte Zeit verstrichen ist, nachdem das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht worden ist. Üblicherweise wird der Zustand zum Einleiten der Antiblockiersteuerung oder die Bedingung zur Auswahl der Bremsdrehmomentverringerungsbetriebsart erfüllt, wenn eine bestimmte Zeit verstrichen ist, nachdem das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht worden ist. Dieses Phänomen leitet sich aus einer Änderung des Reibungsbremsdrehmoments während dieser Zeitperiode ab. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, daß das Reibungsbremsdrehmoment nicht länger benötigt wird, um durch die zweite Antiblockiersteuereinrichtung gesteuert zu werden, nachdem die vorbestimmte Zeitdauer nach dem auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments verstrichen ist. Mit anderen Worten, die vorbestimmte Zeitdauer sollte groß genug bestimmt werden, so daß der Einfluß des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments während der vorbestimmten Zeitdauer aufgehoben ist. Es wird eine Bestimmung dahingehend bevorzugt, daß das tatsächliche regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht worden ist, wenn das tatsächliche regenerative Bremsdrehmoment wie durch eine geeignete Information wie die Betriebsgeschwindigkeit des Elektromotors der regenerativen Bremsvorrichtung dargestellt auf einen vorbestimmten Schwellenwert reduziert worden ist. Das tatsächliche regenerative Bremsdrehmoment wie durch die geeignete Information dargestellt kann sogar dann größer als null sein, wenn das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment tatsächlich gleich null ist, da ein Rauschen in der Information enthalten sein kann. Die regenerative Bremsvorrichtung kann angepaßt werden, um die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung mit unterschiedlichen Signalen (Signalen eines hohen und eines niedrigen Pegels) zu versorgen, wenn das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment größer bzw. nicht größer als ein vorbestimmter Schwellenwert ist. In diesem Fall bestimmt die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrich-

tung, daß das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment gleich null ist oder zu klein ist, um einen Einfluß auf die Antiblockiersteuerung auszuüben, wenn der Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung das Signal eines niedrigen Pegels zugeführt wird.

Somit wird die Bremsdrehmomentsteuereinrichtung, welche die Reibungsbremsdrehmomentreduziereinrichtung und wenigstens eine der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung und der Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments enthält, während einer Periode des Übergangs von einem Fahrzeugzustand, bei welchem das regenerative Bremsdrehmoment auf das Antriebsrad aufgebracht wird, auf einen Fahrzeugzustand, bei welchem das regenerative Bremsdrehmoment gleich null ist und der Einfluß des auf null Bringens im wesentlichen reduziert worden ist, nämlich von einem Fahrzeugzustand, bei welchem das regenerative und das Reibungsbremsdrehmoment jeweils auf die Antriebsräder aufgebracht werden, auf einen Fahrzeugzustand, bei welchem lediglich das Reibungsbremsdrehmoment aufgebracht wird, betrieben. In diesem Sinne wird die Bremsdrehmomentsteuereinrichtung als momentane Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung angesehen, welche wenigstens die momentane Antiblockiersteuereinrichtung als die zweite Antiblockiersteuereinrichtung oder die Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des momentanen Reibungsbremsdrehmoments enthält, welche während der oben angezeigten Periode des Übergangs betrieben werden.

(9) Es wird ein Bremssystem entsprechend einem der oben beschriebenen Betriebsarten (1) bis (8) bereitgestellt, wobei die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung eine Nachlaufzurückhalteeinrichtung zum Zurückhalten einer Änderung des Gesamtbremsdrehmoments jedes der in der Mehrzahl vorkommenden Räder enthält, wenn ein Nachlaufen der Rotationsgeschwindigkeit des Rades erfaßt wird.

Wie oben beschrieben wird die zweite Antiblockiersteuereinrichtung betrieben, um das regenerative Bremsdrehmoment auf null zu bringen und das Reibungsbremsdrehmoment zu verringern. Wenn der Betrag der Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments nicht geeignet gesteuert wird, wird das Gesamtbremsdrehmoment übermäßig verringert. Dann wird das Reibungsbremsdrehmoment erhöht. Wenn der Gradient oder die Rate der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments erhöht wird, wird wenigstens der Gradient oder der Erhöhungsbetrag des Gesamtbremsdrehmoments erhöht. Dementsprechend wird wenigstens der Betrag oder die Änderungsrate des Gesamtbremsdrehmoments in einem Zyklus der Steuerung einschließlich der Verringerung und der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments erhöht, so daß die Rotationsgeschwindigkeit des betreffenden Rades wahrscheinlich ein Nachlaufen erfährt. Dieses Nachlaufen kann stattfinden, bevor der Steuerzyklus beendet ist. Das Nachlaufen kann durch Reduzieren des Betrags oder der Rate der Änderung des Gesamtbremsdrehmoments durch Reduzieren wenigstens des Betrags oder des Gradienten der Verringerung oder des Betrags und des Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments, wenn das Nachlaufen erfaßt wird, zurückgehalten werden.

Eine Operation zur Erlassung des Nachlaufens der Rotationsgeschwindigkeit des Rades kann während oder nach der Operation der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung ausgeführt werden. Die Nachlaufzurückhalteeinrichtung kann während der Operation der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung aktiviert werden oder nach der Operation der



zweiten Antiblockiersteuereinrichtung, beispielsweise während der darauffolgenden Operation der ersten Antiblockiersteuereinrichtung.

Wenn die Operation zur Erfassung des Nachlaufens während der Operation der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung durchgeführt wird, wird das Vorhandensein des Nachlaufens erfaßt, falls der Änderungsbetrag des Beschleunigungswerts des Rads größer als ein vorbestimmter Wert für eine vorbestimmte Anzahl aufeinanderfolgenden Male erfaßt wird. Durch Reduzieren wenigstens des Betrags der Verringerung oder des Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments während des Betriebs der zweiten Antiblockiersteuerung kann beispielsweise wenigstens der Betrag oder die Rate einer Änderung des Gesamtbremsdrehmoments reduziert werden, wodurch das Nachlaufen der Rotationsgeschwindigkeit des betreffenden Rades beschränkt werden. Wenn die Operation zur Erfassung des Nachlaufens nach der Operation der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung durchgeführt wird, kann das Nachlaufen auf der Grundlage der bestimmten Operation der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung durchgeführt werden. Wenn in diesem Fall die zweite Antiblockiersteuereinrichtung betrieben wird, um eine Operation zur Verringerung des Reibungsbremsdrehmoments und eine Operation zur Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments in der Pulszahlerhöhungsbetriebsart zu bewirken, wird beispielsweise das Vorhandensein des Nachlaufens erfaßt, falls die Pulszahlerhöhungsunterbetriebsart auf die andere Unterbetriebsart der Reibungsbremsdrehmomenterhöhungsbetriebsart geändert wird, bevor die Anzahl der Steuerpulse in der Pulszahlerhöhungsunterbetriebsart einen vorbestimmten Wert erreicht hat. In diesem Fall kann das Nachlaufen des Rades durch Verringern wenigstens des Betrags und Gradienten der Verringerung oder des Betrags und des Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments während der darauffolgenden Operation der ersten Antiblockiersteuereinrichtung beschränkt werden.

Die in der gegenwärtigen Betriebsart (9) der Erfindung bereitgestellte Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung enthält vorzugsweise eine Einrichtung zur Erfassung des Vorhandenseins des Nachlaufens der Rotationsgeschwindigkeit des Rades.

Diese Nachlauferrfassungseinrichtung kann auf eine Erfassung dahingehend angepaßt sein, daß das Rad tatsächlich ein Nachlaufen erfährt, oder auf eine Abschätzung, daß das Rad das Nachlaufen erfährt, oder auf eine Abschätzung, daß eine hohe Wahrscheinlichkeit dahingehend besteht, daß das Rad das Nachlaufen erfährt.

(10) Es wird ein Bremssystem entsprechend der oben beschriebenen Betriebsart (9) bereitgestellt, wobei die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung eine Einrichtung zum Verhindern enthält, daß die Nachlaufbeschränkungseinrichtung bezüglich einer Änderung des Gesamtbremsdrehmoments beschränkt wird, während die zweite Antiblockiersteuereinrichtung betrieben wird.

Wie oben beschrieben kann das Nachlaufen der Rotationsgeschwindigkeit des Rades infolge der Operation der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung auftreten. Um den Einfluß des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments zu reduzieren, wird jedoch vorzugsweise die Operation der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung auf eine vorbestimmte normale Weise durchgeführt. D.h. es wird das Verhindern der Operation der Nachlaufbeschränkungseinrichtung während der Operation der zweiten Antiblockiersteuereinrichtung gewünscht.

Es ist ebenfalls möglich, die Operation zur Erfassung des Nachlaufens zu verhindern oder die Erfassung des aktuellen Nachlaufens zu ignorieren, während sich die zweite Antiblockiersteuereinrichtung im Betrieb befindet. In der gegenwärtigen Betriebsart (10) wird es bevorzugt, daß die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung eine Einrichtung zur Verhinderung der Operation zur Erfassung des Nachlaufens oder eine Einrichtung zum Ignorieren der Erfassung des Nachlaufens enthält.

(11) Es wird ein Bremssystem entsprechend einem der oben beschriebenen Betriebsarten (3) bis (10) bereitgestellt, wobei die Reibungsbremsvorrichtung einen gemeinsamen Kontroller zum gemeinsamen Steuern des Reibungsbremsdrehmoments der in der Mehrzahl vorkommenden Räder und (b) unabhängige Kontroller zum Steuern des Reibungsbremsdrehmoments der in der Mehrzahl vorkommenden Räder jeweils unabhängig voneinander enthält und die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung (c) eine Kooperationssteuereinrichtung zum Steuern des gemeinsamen Kontrollers derart, daß die Summe des Reibungsbremsdrehmoments und des regenerativen Bremsdrehmoments mit einem gewünschten Bremsdrehmomentwert übereinstimmt, welcher von einem Bediener des Fahrzeugs gewünscht wird, und (d) eine Antiblockiersteuereinrichtung zum Steuern der unabhängigen Kontroller derart enthält, daß das Reibungsbremsdrehmoment jedes der in der Mehrzahl vorkommenden Räder durch einen entsprechenden unabhängigen Kontroller gesteuert wird, welcher jedes Rad in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand hält, wobei die Antiblockiersteuereinrichtung die Antriebsradantiblockiersteuereinrichtung enthält.

Wie oben bezüglich der obigen Betriebsart (2) beschrieben wird der gemeinsame Kontroller durch die Kooperationssteuereinrichtung derart gesteuert, daß die Summe des Reibungs- und des regenerativen Bremsdruckes mit dem benötigten Bremsdrehmoment übereinstimmt, während die unabhängigen Kontroller durch die Antiblockiersteuereinrichtung derart gesteuert werden, daß das Rad in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand gehalten wird. Auf das auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments wird das Reibungsbremsdrehmoment der Antriebsräder und der nicht angetriebenen Räder rasch durch den gemeinsamen Kontroller auf dieselbe Weise erhöht. Das Reibungsbremsdrehmoment des Rades, welches einer Antiblockierbremssteuerung unterworfen wird, wird unabhängig von dem unabhängigen Kontroller gesteuert, während das Reibungsbremsdrehmoment des Rades, welches nicht der Antiblockierbremssteuerung unterworfen wird, rasch erhöht wird.

Bei dem Bremssystem der vorliegenden Betriebsart (11) kann der Zeitpunkt, zu welchem die Antiblockierbremssteuerung für das nicht der Antiblockiersteuerung unterworfen Rad eingeleitet wird, welches nicht derzeit der Antiblockiersteuerung unterworfen ist, verzögert werden, und es kann die Verschlechterung der Fahrzeuglaufstabilität durch Beschränken oder Zurückhalten der Rate oder des Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments für das nicht der Antiblockiersteuerung unterworfen Rad reduziert werden, gegenüber einer raschen Erhöhung.

(12) Es wird ein Bremssystem für ein Motorfahrzeug bereitgestellt, welches eine Mehrzahl von Rädern aufweist, welche wenigstens ein Antriebsrad beeinhaltet, wobei das Bremssystem eine Reibungsbremsvorrichtung zum Drücken eines Reibungsteils auf einen Rotor.

13 welcher mit jedem der Räder rotiert, um dadurch ein Reibungsbremsdrehmoment auf jedes Rad aufzubringen, und eine erste Antiblockiersteuereinrichtung zum Steuern des Reibungsbremsdrehmoments, welches auf wenigstens eines der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, enthält, um jedes der oben angezeigten Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand zu halten, wenn der an jedes der oben angezeigten Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, angelegte Reibungsbremsdrehmoment eine obere Grenze entsprechend einem Reibungskoeffizienten einer Straßenoberfläche überschreitet, auf welcher das Motorfahrzeug fährt, wobei das Bremssystem des weiteren folgenden Komponenten aufweist: eine regenerative Bremsvorrichtung einschließlich wenigstens eines Elektromotors, welcher mit dem oben angezeigten wenigstens einen Antriebsrad verbunden ist, um ein regeneratives Bremsdrehmoment auf das oben angezeigte wenigstens einfach vorhandene Antriebsrad aufzubringen; und eine Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung zum Steuern eines Gesamtbremsdrehmoments einschließlich wenigstens des Reibungsbremsdrehmoments oder des regenerativen Bremsdrehmoments, welche jedem der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, wenn das wenigstens einem der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebrachte Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschreitet, während weder das regenerative Bremsdrehmoment, welches wenigstens dem einen Antriebsrad aufgebracht wird, noch das Reibungsbremsdrehmoment, welches den in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, gleich null ist, wobei die Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung (1) eine regenerative Bremsdrehmomentreduziereinrichtung zum auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments und (2) wenigstens (a) eine zweite Antiblockiersteuereinrichtung zur Steuerung des Reibungsbremsdrehmoments jedes der oben angezeigten Antriebsräder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, enthält, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, um jedes der oben angezeigten Antriebsräder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand zu halten, und so daß das durch die zweite Antiblockiersteuereinrichtung gesteuerte Reibungsbremsdrehmoment im allgemeinen größer als das durch die erste Antiblockiersteuereinrichtung gesteuerte, oder (b) eine Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments zum Beschränken eines Gradienten, bei welchem das Reibungsbremsdrehmoment wenigstens eines der in der Mehrzahl vorkommenden Räder außer dem oben angezeigten wenigstens einen Rad, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, enthält.

Bei dem Bremssystem dieser Betriebsart (12) der vorliegenden Erfindung wird das regenerative Bremsdrehmoment des Antriebsrads notwendigerweise auf null gebracht, wenn das Gesamtbremsdrehmoment dieses Antriebsrads die obere Grenze entsprechend dem Reibungskoeffizienten der Straßenoberfläche überschritten hat. Wenn das Rad, dessen Bremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, das nicht angetriebene Rad ist, kann das regenerative Bremsdrehmoment des Antriebsrads auf null gebracht werden oder nicht. Wenn das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht wird, steuert die zweite Antiblockiersteuereinrichtung das Reibungsbremsdrehmoment des Rads (des An-

triebsrads), dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, so daß das Antriebsrad in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand gehalten wird, und die Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments beschränkt die Rate oder den Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments des Rads, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze nicht überschritten hat.

Das vorliegende Bremssystem kann von einer Antiblockiersteuereinrichtung Gebrauch machen, welche in einem herkömmlichen Bremssystem verwendet wird, das nicht mit einer regenerativen Bremsvorrichtung ausgerüstet ist.

Die vorliegende Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert:

Fig. 1 zeigt ein schematisches Diagramm, welches eine allgemeine Anordnung eines Bremssystem eines Motorfahrzeugs entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 2 zeigt ein Diagramm, welches eine hydraulisch betriebene Bremsvorrichtung darstellt, die in dem Bremssystem von Fig. 1 enthalten ist;

Fig. 3 zeigt eine aus Stücken bestehende verbesserte Querschnittsansicht einer linearen Solenoidventilvorrichtung, welche in der hydraulisch betätigten Bremsvorrichtung von Fig. 2 enthalten ist;

Fig. 4 zeigt ein Flußdiagramm, welches ein Gesamtbremsdrehmomentsteuerprogramm veranschaulicht, das in einem ROM eines Gesamtbremsdrehmomentkontrollers gespeichert ist, der in der hydraulisch betätigten Bremsvorrichtung enthalten ist;

Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht, welche eine allgemeine Anordnung eines Bremssystem eines Motorfahrzeugs entsprechend einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 6 zeigt ein Diagramm, welches eine hydraulisch betätigte Bremsvorrichtung darstellt, die in dem Bremssystem von Fig. 5 enthalten ist;

Fig. 7 zeigt eine Ansicht, welche eine Operation eines Hydraulikdruckkontrollers darstellt, der in der hydraulisch betätigten Bremsvorrichtung von Fig. 6 enthalten ist;

Fig. 8 zeigt ein Flußdiagramm, welches ein Hydraulikbremsdrehmomentsteuerprogramm veranschaulicht, das in einem ROM eines Hydraulikbremsdrehmomentkontrollers gespeichert ist, der in dem Bremssystem von Fig. 5 enthalten ist; und

Fig. 9 zeigt ein Flußdiagramm, welches ein Programm zur Steuerung einer Vorderradrudderhöhungsvorrichtung veranschaulicht, welches in dem Hydraulikbremsdrehmomentkontroller gespeichert ist.

In Fig. 1 ist eine Ausführungsform eines Bremssystems der vorliegenden Erfindung zur Verwendung in einem Hybridmotorfahrzeug dargestellt, bei welchem Vorderräder 10, 12, welche als Antriebsräder vorgesehen sind, von einer elektrischen Antriebsvorrichtung 14 und einer Verbrennungsmotorantriebsvorrichtung wie einem bekannten Motor nach dem Stand der Technik angetrieben werden. Die elektrische Antriebsvorrichtung 14 ist operativ mit den Vorderrädern 10, 12 durch eine Differentialvorrichtung 22 und jeweilige Antriebswellen 24, 26 verbunden. Die elektrische Antriebsvorrichtung 14 arbeitet ebenfalls als regenerative Bremsvorrichtung zum Aufbringen eines regenerativen Bremsdrehmoments auf die Vorderräder 10, 12 durch regeneratives Bremsen eines Elektromotors 28. Das vorliegende Fahrzeugbremssystem enthält des weiteren eine Reibungsbremsvorrichtung in Form einer hydraulisch getätigten Bremsvorrichtung 30, welche mit den Vorderrädern 10, 12 rotierende Rotoren besitzt. Reibungsteile in Form von Reibungsteilen, Radbremszylindern 32, 34, welche hydraulisch

betätigt werden, um einen Reibungseingriff der Reibungsglieder (friction pads) mit den Rotoren zu bewirken, wodurch ein hydraulisches Bremsdrehmoment jedes Vorderrad 10, 12 aufgebracht wird.

Somit wird jedem Vorderrad 10, 12 mit einem Gesamtbremsdrehmoment gebremst, welches die Summe eines von der regenerativen Bremsvorrichtung 14 erzeugten regenerativen Bremsdrehmoments und des von der hydraulisch betätigten Bremsvorrichtung 30 erzeugten hydraulischen Bremsdrehmoments ist.

Die regenerative Bremsvorrichtung 14 enthält eine Elektroenergiespeichervorrichtung 36, eine Geschwindigkeitsänderungsvorrichtung 38, eine Vorrichtung zur Wandlung von elektrischer Energie 40 und eine Motorsteuervorrichtung 42 zusätzlich zu dem oben angezeigten Elektromotor 28. Wenn eine Antriebswelle des Elektromotors 28 durch die Räder 10, 12 während der Fahrt des Fahrzeugs gedreht wird, wird die Elektroenergiespeichervorrichtung 36 mit einer elektromotorischen Kraft (hiernach als "regenerative elektromotorische Kraft" bezeichnet) geladen, welche durch den Elektromotor 28 erzeugt wird. Zu diesem Zeitpunkt arbeitet der Elektromotor 28 als Last, wodurch ein auf das Fahrzeug aufzubringendes regeneratives Bremsdrehmoment erzeugt wird. Die Vorrichtung zur Wandlung von elektrischer Energie dient zur Umwandlung eines in der Speichervorrichtung 36 gespeicherten Gleichstroms einer elektrischen Energie in einen Wechselstrom, welcher auf den Elektromotor 28 aufzubringen ist. Die Vorrichtung zur Wandlung von elektrischer Energie enthält einen Inverter und wird durch die Motorsteuervorrichtung 42 gesteuert, welche zum Bewirken einer Gleitfrequenzsteuerung und einer Stromsteuerung (beispielsweise einer Vektorsteuerung) in dem Inverter zur Steuerung des Bremsdrehmoments und des Antriebsdrehmoments angepaßt ist, welche von dem Elektromotor 28 erzeugt werden, so daß dieses auf die Räder 10, 12 aufzubringende regenerative Bremsdrehmoment und Antriebsdrehmoment gesteuert werden. Das Antriebsdrehmoment wird auf einen Wert gesteuert, welcher auf der Grundlage eines Betriebszustands eines in dem Fahrzeug vorgesehenen Beschleunigungs- bzw. Fahrpedals bestimmt wird.

Das regenerative Bremsdrehmoment kann ebenfalls durch die Geschwindigkeitsänderungsvorrichtung 38 gesteuert werden, welche zur Änderung des Geschwindigkeitsverhältnisses eingerichtet ist, bei welchem die Rotation der Räder 10, 12 auf den Elektromotor 28 übertragen wird. Da die Drehgeschwindigkeit der Antriebswelle des Elektromotors 28 durch Änderung des Geschwindigkeitsverhältnisses geändert werden kann, kann der Betrag des regenerativen Bremsdrehmoments geändert werden.

Die hydraulisch betätigte Bremsvorrichtung 30 enthält die oben angezeigten Radbremszylinder 32, 34 für die Vorderräder 10, 12, einen Gesamtbremsdrehmomentkontrollier 46, eine lineare Solenoidventilvorrichtung 56 und einen Antiblockierkontrollier 58 wie in Fig. 1 dargestellt, und enthält des weiteren Radbremszylinder 64, 66 für jeweilige Hinterräder 60, 62, einen Hauptzylinder 68 und eine Hydraulikkonstantdruckquelle 70 wie in Fig. 2 dargestellt. Der Gesamtbremsdrehmomentkontrollier 46 ist angepaßt, das Hydraulikbremsdrehmoment und das Gesamtbremsdrehmoment, welches gleich dem regenerativen Bremsdrehmoment zuzüglich dem Hydraulikbremsdrehmoment ist, zu steuern wie oben angezeigt.

Der Hauptzylinder 68 besitzt 2 Druckkammern 72, 74. Ein Treibmittel in diesen zwei Druckkammern 72, 74 wird auf denselben Pegel in den zwei Kammern 72, 74 in Abhängigkeit einer auf ein Bremspedal 76 wirkenden Betätigungskraft unter Druck gesetzt. Die Druckkammer 72 ist über ei-

nen Fluid- bzw. Flüssigkeitsdurchgang 80 mit den Radbremszylindern 32, 34 der Vorderräder 10, 12 verbunden, während die andere Druckkammer 74 über einen Flüssigkeitsdurchgang 82 mit den Radbremszylindern 64, 66 für die Hinterräder 60, 62 verbunden ist. Die Quelle für einen konstanten hydraulischen Druck 70 enthält ein Hauptbehälter 84, eine Pumpe 85 und einen Druckspeicher 86. Das Treibmittel in dem Hauptbehälter 84 wird durch die Pumpe 85 unter Druck gesetzt, und das unter Druck gesetzte Fluidmittel wird in dem Druckspeicher 86 gespeichert. Der Druckspeicher 86 ist mit zwei Druckschaltern 87, 88 versehen, welche jeweils obere und untere Grenzen des Drucks des Fluids in dem Druckspeicher 86 erfaßt. Die Pumpe 85 wird in Übereinstimmung mit Aktionen EIN und AUS der Druckschalter 87, 88, welche ein Hystereseverhalten aufweisen, ein- und ausgeschaltet. Bei dieser Anordnung wird der Druck des in dem Druckspeicher 86 gespeicherten Treibmittels innerhalb eines vorbestimmten Bereichs gehalten. Die Quelle für konstanten hydraulischen Druck 70 ist mit der oben angezeigten Druckkammer 84 derart verbunden, daß das unter Druck gesetzte Fluid von dem Druckspeicher 86 der Druckkammer 74 auf ein Niederdrücken des Bremspedals 76 zugeführt wird. Diese Anordnung ermöglicht es, den benötigten Betätigungsweg des Bremspedals 76 zu reduzieren.

Der oben angezeigte Fluiddurchgang 80 ist mit zwei solenoidbetriebenen Absperrventilen 90, 92 versehen, welche geöffnet und geschlossen werden, um selektiv den Hauptzylinder 34 mit den Radbremszylindern 32, 34 zu verbinden und davon abzutrennen. Die Radbremszylinder 32, 34 werden von dem Hauptzylinder 68 abgetrennt, wenn das Bremssystem in einer Kooperationssteuerbetriebsart oder in einer Antiblockiersteuerbetriebsart betrieben wird. In der Kooperationssteuerbetriebsart wird das Fahrzeug mit einer Kombination des regenerativen Bremsdrehmoments und des Hydraulikbremsdrehmoments gebremst.

Ein Fluiddurchgang 93, welcher die Radbremszylinder 32, 34 und den Hauptbehälter 84 verbindet, ist mit Druckreduzierventilen in Form von solenoidbetriebenen Absperrventilen 94, 96 versehen, welche geöffnet werden, um eine Fluidübertragung zwischen dem Hauptbehälter 84 und den Radbremszylindern 32, 34 zu bewirken, so daß der Fluiddruck in den Radbremszylindern 32, 34 verringert wird, wodurch das durch die Radbremszylinder 32, 34 erzeugte Hydraulikbremsdrehmoment reduziert wird.

Ein Fluiddurchgang 98, welcher die Radbremszylinder 32, 34 und die lineare Solenoidventilvorrichtung 56 verbindet, ist mit Druckerhöhungsventilen in Form von solenoidbetriebenen Absperrventilen 100, 102 versehen. Wenn das Bremssystem in der Kooperationssteuerbetriebsart normal betrieben wird, werden die Absperrventile 100, 102 in ihren geöffneten Zuständen für eine Fluidübertragung zwischen der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 und den Radbremszylindern 32, 34 gehalten. Umführungsdurchgänge, welche die solenoidbetriebenen Absperrventile 100, 102 umführen, sind mit jeweiligen Prüfventilen 104, 106 versehen, welche einen Fluß des Fluids von den entsprechenden Radbremszylindern 32, 34 auf die lineare Solenoidventilvorrichtung zu ermöglichen, jedoch den Fluß des Fluids in die entgegengesetzte Richtung hemmen bzw. verhindern. Bei dem Vorhandensein dieser Prüfventile 104, 106 kann das Treibmittel rasch von den Radbremszylindern 32, 34 zu der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 zurückkehren, wenn das niedergedrückte Bremspedal 56 in seine nichtbetätigte Position freigelassen wird. Ein solenoidbetriebenes Anlaßventil 108 ist in einem Teil des oben angezeigten Fluiddurchgangs 98 zwischen der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 und den Absperrventilen 100, 102 vorgesehen. Die-

ses Absperrventil 108 wird geöffnet, wenn das Bremssystem in der Kooperationssteuerbetriebsart oder in der Antiblockiersteuerbetriebsart für die Vorderräder 10, 12 betrieben wird.

Die lineare Solenoidventilvorrichtung 56, welche oben angezeigt ist, ist mit dem Fluiddurchgang 82 versehen, welcher die Druckkammer 74 und die Radbremszylinder 64, 66 für die Hinterräder 60, 62 verbindet. Der oben angezeigte Fluiddurchgang 98 ist mit einem Teil des Fluiddurchgangs 82 zwischen der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 und den Radzylindern 60, 62 verbunden. Ein Druckerhöhungsventil in Form eines solenoidbetriebenen Absperrventils 110 ist zwischen der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 und den Radbremszylindern 64, 66 vorgesehen. Ein Umföhrungsdurchgang, welcher das Absperrventil 110 umföhrt, ist mit einem Prüfventil 112 versehen, welches einen Fluß des Fluids von den Radbremszylindern 64, 66 auf die lineare Solenoidventilvorrichtung 56 zu ermöglicht, und einen Fluß des Fluids in die entgegengesetzte Richtung hemmt bzw. verhindert. Ein Druckreduzierungsventil in Form eines solenoidbetriebenen Absperrventils 116 ist mit einem Fluiddurchgang 114 versehen, welcher die Radbremszylinder 64, 66 und den Hauptbehälter 84 verbindet. Der Fluiddurchgang 82 ist des weiteren mit einem Dosierungsventil 118 zur Steuerung des Fluiddruckes in den Radbremszylindern 64, 66 für die Hinterräder 60, 62 derart versehen, daß die Fluiddrücke in den Radbremszylindern 64, 66 nicht höher als diejenigen in den Radbremszylindern 32, 34 für die Vorderräder 10, 12 sind. Aus Fig. 2 ergibt sich, daß die vorliegende Ausführungsform derart eingerichtet ist, daß die Fluiddrücke in den Radbremszylindern 64, 66 für die Hinterräder 60, 62 gleichzeitig auf dieselbe Weise gesteuert werden.

Ein Drucksensor 122 ist mit einem Teil des Fluiddurchgangs 82 zwischen der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 und dem Hauptzylinder 68 verbunden. Ein anderer Drucksensor 124 ist mit einem Teil des Fluiddurchgangs 82 zwischen der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 und den Radbremszylindern 64, 66 verbunden. Ein weiterer Drucksensor 132 ist mit dem Fluiddurchgang 98 verbunden. Dieser Drucksensor 132 ist vorgesehen, um einen Fehler des oben angezeigten Drucksensors 124 zu erfassen. Detailliert beschrieben, der Drucksensor 124 wird als defekt angesehen, wenn das Ausgangssignal des Drucksensors 124 sich stark von demjenigen des Drucksensors 132 unterscheidet, wenn das solenoidbetriebene Absperrventil 108 in den geöffneten Zustand versetzt wird.

Wie in Fig. 3 dargestellt enthält die lineare Solenoidventilvorrichtung 56 ein Druckerhöhungssteuerventil in Form eines druckerhöhenden linearen Solenoidventils 150, ein Druckreduzierungssteuerventil in Form eines druckreduzierenden linearen Solenoidventils 152, ein Druckreduzierungsbehälter 154 und Prüfventile 156, 158. Das druckerhöhende lineare Solenoidventil 150 ist mit dem Fluiddurchgang 82 verbunden, welcher sich von der Druckkammer 74 erstreckt, während das druckreduzierende lineare Solenoidventil 152 mit einem Fluiddurchgang 160 verbunden ist, welcher den Fluiddurchgang 82 mit dem Druckreduzierungsbehälter 154 verbindet. Das Prüfventil 156 ist mit einem Umföhrungsdurchgang versehen, welcher das druckerhöhende lineare Solenoidventil 150 umföhrt. Das Prüfventil 156 ermöglicht einen Fluß des Fluids von den Radbremszylindern 32, 34, 64, 66 auf den Hauptzylinder 68 zu, verhindert jedoch einen Fluß des Fluids in entgegengesetzte Richtung. Das Prüfventil 158 ist mit einem Umföhrungsdurchgang versehen, welcher das druckreduzierende lineare Solenoidventil 152 umföhrt. Das Prüfventil 158 ermöglicht einen Fluß des Fluids von dem Druckreduzierungsbehälter 154 auf den Hauptzylinder 68 zu, es verhindert jedoch einen

Fluß des Fluids in die entgegengesetzte Richtung.

Das druckerhöhende lineare Solenoidventil 150 enthält ein Sitzventil 150 und eine solenoidbetriebene Vorspannungsvorrichtung 194. Das Sitzventil 190 enthält ein Ventiltail 200, einen Ventilsitz 202, ein mit dem Ventiltail 200 bewegliches vorgespanntes Teil 204 und eine Feder 206, welche das vorgespannte Teil 204 in eine Richtung zum Sitzen des Ventiltails 200 auf dem Ventilsitz 202 vorspannt. Die solenoidbetriebene Vorspannungsvorrichtung 194 enthält eine Solenoidspule 210, ein aus Harz gebildetes Halteteil 201 zum Halten der Solenoidspule 210, ein erstes Magnetpfad definierendes Teil 214 und ein zweites Magnetpfad definierendes Teil 216. Wenn eine Spannung an die Solenoidspule 210 angelegt wird, fließt ein Strom durch die Solenoidspule 210, und es wird ein Magnetfeld erzeugt. Die Magnetkraft, welche zwischen dem vorgespannten Teil 204 und dem zweiten Magnetpfad definierenden Teil 216 wirkt, ändert sich durch Ändern der an die Solenoidspule 210 anzulegenden Spannung.

Ein Vorsprung 220 ist auf einem der gegenüberliegenden Endseiten des vorgespannten Teils 204 gebildet, welches auf der Seite des zweiten Magnetpfad definierenden Teils 216 lokalisiert ist. Demgegenüber besitzt die Endseite des zweiten Magnetpfad definierenden Teils 216, welches dem Vorsprung 202 gegenüberliegt, eine Aussparung 220. Der Vorsprung 220 ist mit dieser Aussparung 220 derart in Eingriff bringbar, daß das vorgespannte Teil 204 und das Teil 216 axial relativ zu einander beweglich sind. Die oben angezeigte Feder 206 ist in der Aussparung 222 untergebracht.

Auf das Anlegen einer Spannung an die Solenoidspule 210 wird ein magnetischer Pfad gebildet, welcher durch die Solenoidspule 210, das erste Magnetpfad bildende Teil 214, das vorgespannte Teil 204, das zweite Magnetpfad definierende Teil 216 und das erste Magnetpfad definierende Teil 214 gebildet wird. Der magnetische Widerstand des durch das vorgespannte Teil 204 und das zweite Magnetpfad definierende Teil 216 gebildeten magnetischen Pfades ändert sich mit einer Änderung der relativen axialen Position der Teile 204, 216. Detailliert dargestellt, die äußere Umfangsoberfläche des Vorsprungs 220 des vorgespannten Teils 204 und die innere Umfangsoberfläche der Aussparung 222 des zweiten Magnetpfad definierenden Teils 216 besitzen jeweils Teile, welche einander mit einem kleinen dazwischen befindlichen Abstand einander gegenüberliegen. Eine Änderung der relativen axialen Position wird eine Änderung des Oberflächenbereichs der wechselseitig gegenüberliegenden Teile der äußeren und inneren Umfangsoberflächen des Vorsprungs 220 und der Aussparung 222 hervorrufen. Wenn die Teile 204, 216 mit ihren Endseiten einander gegenüberliegend mit einem dazwischen befindlichen kleinen axialen Abstand einfach angeordnet sind, ruft eine Verkleinerung des axialen Abstands zwischen den gegenüberliegenden Endseiten der Teile 204, 216 als Ergebnis ihrer Bewegungen aufeinander zu eine exponentielle Verringerung des magnetischen Widerstands und eine exponentielle Erhöhung der magnetischen Kraft hervor, welche zwischen den Teilen 204, 216 wirkt. Bei dem vorliegenden druckerhöhenden linearen Solenoidventil rufen jedoch die Bewegungen der Teile 204, 216 aufeinander zu ein Erhöhen des oben angezeigten Oberflächenbereichs der gegenüberliegenden Teile der Umfangsoberflächen der Teile 204, 216 und ein Erhöhen des magnetischen Flusses, welcher durch die Umfangsoberflächen hindurchtritt, hervor, während zur selben Zeit eine Verkleinerung des magnetischen Flusses hervorgerufen wird, welcher durch den Abstand zwischen den gegenüberliegenden Endseiten der Teile 204, 216 hindurchtritt. Als Ergebnis kann die magnetische Kraft, welche das vorgespannte Teil 204 auf das zweite Magnetpfad definierende Teil 216 vorspannt,

im wesentlichen unabhängig von der relativen axialen Position der Teile 204, 216 gehalten werden, wobei die an die Solenoidspule 210 angelegte Spannung nicht so hoch ist und konstant gehalten wird. Demgegenüber erhöht sich die Vorspannungskraft der Feder 206, welche das Teil 204 weg von dem zweiten Magnetpfad definierenden Teil 216 vorspannt, mit den Bewegungen der Teile 204, 216 aufeinander zu. Daher wird beim Fehlen einer Kraft, welche auf das Ventiltail 200 auf der Grundlage der Fluiddruckdifferenz wirkt, eine Bewegung des vorgespannten Teils 204 auf das Teil 216 zu beendet, wenn die magnetische Kraft gleich der Vorspannungskraft der Feder 206 wird.

Die magnetische Kraft, welche auf das vorgespannte Teil 204 in Richtung auf das zweite Magnetpfad definierende Teil 216 wirkt, erhöht sich mit einem Ansteigen der an die Solenoidspule 210 angelegten Spannung. Die Beziehung zwischen der Magnetkraft und der Spannung kann bekannt sein. Durch kontinuierliches Ändern der an die Solenoidspule 210 angelegten Spannung kann die Kraft, welche das vorgespannte Teil 204 vorspannt, dementsprechend geändert werden.

Ein Erhöhen der an die Solenoidspule 210 angelegten Spannung erhöht die magnetische Kraft, was zu einer Verringerung der Kraft führt, welche auf das Ventiltail 200 in die Richtung zum Sitzen auf dem Ventilsitz 202 wirkt, so daß das Ventiltail 200 von dem Ventilsitz 202 mit einer entsprechend reduzierten Kraft abspringen kann. Wenn die Vorspannungskraft auf der Grundlage einer Druckdifferenz über dem Ventiltail 200 größer als die Kraft wird, welche auf das vorgespannte Teil 204 wirkt, wird das Ventiltail 200 von dem Ventilsitz 202 entfernt. Die Kraft, welche auf das vorgespannte Teil 204 wirkt, ist gleich der Vorspannungskraft der Feder 206 abzüglich der magnetischen Kraft. Die oben angezeigte Druckdifferenz, bei welcher das Ventiltail 200 von dem Ventilsitz 202 entfernt wird (wobei das Ventil 150 geöffnet ist) wird als "Öffnungsdruckdifferenz" des Ventils 150 bezeichnet. Diese Öffnungsdruckdifferenz wird reduziert, wenn die an die Solenoidspule 210 angelegte Spannung erhöht wird.

Das druckreduzierende lineare Solenoidventil 152 ist im wesentlichen bezüglich der Konstruktion mit dem druckerhöhenden linearen Solenoidventil 150 mit der Ausnahme bezüglich einer Feder 224 identisch, deren Vorspannungskraft sich von derjenigen der Feder 206 des druckerhöhenden linearen Solenoidventils 150 unterscheidet. Die Öffnungsdruckdifferenz dieses druckreduzierenden linearen Solenoidventils 152 wird ebenfalls reduziert, wenn die an die Solenoidspule 210 angelegte Spannung erhöht wird. Dieselben Bezugszeichen werden für das druckerhöhende lineare Solenoidventil 150 verwendet, um die entsprechenden funktionalen Elemente des druckreduzierenden linearen Solenoidventils 152 zu identifizieren, und es wird eine redundante Beschreibung dieser Elemente nicht vorgesehen.

Bei der vorliegenden Ausführungsform wird die Öffnungsdruckdifferenz des druckerhöhenden linearen Solenoidventils 150 auf etwa 3 MPa (etwa 30,6 kgf/cm<sup>2</sup>) gesetzt, während die Öffnungsdruckdifferenz des druckreduzierenden linearen Solenoidventils 152 auf einen Wert größer als 18 MPa (etwa 184 kgf/cm<sup>2</sup>) gesetzt wird, was den maximalen Druck des Fluids darstellt, der von der Quelle für konstanten hydraulischen Druck 70 erhalten wird. Diesbezüglich wird festgestellt, daß die Vorspannungskraft der Feder 224 größer ist (etwa 6mal so groß) als die Vorspannungskraft der Feder 206. Bei der vorliegenden hydraulisch betätigten Bremsvorrichtung 30 ist der maximale Fluiddruck, welcher auf das Ventiltail 200 des druckreduzierenden linearen Solenoidventils 152 wirkt, der maximale Druck des durch die Pumpe 85 unter Druck gesetzten und in dem

Druckspeicher 86 untergebrachten Fluids. Daher besteht im wesentlichen nicht die Möglichkeit, daß der Druck des Fluids, welcher durch den Hauptzylinder 68 auf das Niedertreten des Bremspedals 76 durch den Fahrzeugbenutzer gebildet wird, den maximalen Druck in dem Druckspeicher 86 überschreitet, was zu einem Fluß des Fluids in den druckreduzierenden Behälter 154 durch das druckreduzierende lineare Solenoidventil 152 führt. Das in dem Druckreduzierungsbehälter 154 gespeicherte Treibmittel wird in den Hauptzylinder 68 durch den Fluiddurchgang 160, das Prüfventil 158, das Prüfventil 156 und den Fluiddurchgang 82 auf Beendigung einer Bremsoperation des Bremssystems zurückgeführt.

Der Fluiddurchgang 80 ist mit einem Drucksensor 226 zum Erfassen des Drucks in dem Hauptzylinder 68 wie in Fig. 2 dargestellt versehen. Da der Druck in dem Hauptzylinder 68 einer Betätigungskraft entspricht, welche auf das Bremspedal 76 wirkt, wird das Bremsdrehmoment entsprechend diesem Hauptbremszylinderdruck als von dem Fahrzeugbenutzer gewünschtes Gesamtbremsdrehmoment angesehen. Wie ebenfalls in Fig. 2 dargestellt ist ein Hubsimulator 228 mit dem Fluiddurchgang 80 verbunden. Der Hubsimulator 228 arbeitet, um zu ermöglichen, daß das Bremspedal 76 mit einem bestimmten Betätigungshub sogar dann niedergedrückt wird, wenn die solenoidbetriebenen Absperrventile 90, 92 beide geschlossen gehalten werden.

Die vorliegenden hydraulisch betätigte Bremsvorrichtung 30 ist mit einem Bremsschalter 250 zum Erfassen einer Betätigung oder eines Niederdrückens des Bremspedals 76 und mit Radgeschwindigkeitssensoren 252, 254, 256, 258 zum Erfassen der Rotationsgeschwindigkeiten der jeweiligen Räder 10, 12, 60, 62 versehen. Auf der Grundlage dieser Ausgangssignale dieser Radgeschwindigkeitssensoren 252 bis 258 werden Gleit- bzw. Rutschzustände der Räder erlangt, und es wird die Fahrtgeschwindigkeit des Motorfahrzeugs geschätzt.

Die an die Solenoidspule 210 eines der druckerhöhenden und reduzierenden linearen Solenoidventile 150, 152 anzulegenden Spannung (hiernach als "Steuerspannung der linearen Solenoidventilvorrichtung" 56 bezeichnet) wird derart bestimmt, daß der Fluiddruck wie von dem Drucksensor 124 erfaßt gleich einem Druck entsprechend einem hydraulischen Sollbremsdrehmoment (welches beschrieben wird) ist. Wenn die Öffnungsdruckdifferenz des druckerhöhenden linearen Solenoidventils 150 durch die an die Solenoidspule 210 des Ventils 150 anzulegende Spannung erhöht wird, wird der Fluiddruck wie durch den Drucksensor 124 erfaßt erhöht. Wenn die Öffnungsdruckdifferenz des druckreduzierenden linearen Solenoidventils 152 durch Erhöhen der an die Solenoidspule 210 des Ventils 152 anzulegenden Spannung erhöht wird, wird der Fluiddruck wie durch den Drucksensor 124 erfaßt verringert. Das hydraulische Sollbremsdrehmoment ist gleich dem Gesamtsollbremsdrehmoment abzüglich einem aktuellen regenerativen Bremsdrehmoment.

Bezüglich des Kooperationssteuermodus wird angenommen, daß der Fluiddruck wie von dem Drucksensor 142 erfaßt nahezu gleich dem Fluiddruck in jedem Radbremszylinder 32, 34, 64, 66 ist. Dementsprechend kann ins Auge gefaßt werden, daß das hydraulische Bremsdrehmoment entsprechend dem Fluiddruck wie von dem Drucksensor 124 erfaßt das hydraulische Bremsdrehmoment ist, welches auf jedes Rad 10, 12, 60, 62 aufzubringen ist.

Das Gesamtsollbremsdrehmoment wird auf der Grundlage des Ausgangssignals des Drucksensors 226 bestimmt. Es wird davon ausgegangen, daß der Fluiddruck in der Druckkammer 72 der Betätigungskraft entspricht, welche auf das Bremspedal 76 wirkt, d. h. dem verlangten Brems-



drehmoment (Gesamtsollbremsdrehmoment) wie von dem Fahrzeugbediener gewünscht entspricht. Daher wird das Gesamtsollbremsdrehmoment in Abhängigkeit von dem Fluiddruck in der Druckkammer 72 bestimmt. Jedoch kann das Gesamtsollbremsdrehmoment auf der Grundlage von irgendwelchen anderen Parametern bestimmt werden, die den Betätigungszustand des Bremspedals 76 wie den Betätigungshub oder die Betätigungszeit des Bremspedals 72 anzeigen.

Das regenerative Sollbremsdrehmoment wird derart bestimmt, daß es das kleinste ist aus einer oberen Grenze der Elektrizitätserzeugung, einer oberen Grenze der Elektrizitätsspeicherung und einer Obergrenze der Betätigungskraft. Die Obergrenze der Elektrizitätserzeugung ist eine obere Grenze des durch die Rotationsgeschwindigkeit oder andere Parameter des Elektromotors 28 bestimmten regenerativen Bremsdrehmoments, wenn der Elektromotor 28 als Generator arbeitet. Die Obergrenze der Elektrizitätsspeicherung ist eine obere Grenze des durch die Ladungskapazität, Temperatur und andere Parameter der Elektroenergiespeichervorrichtung 38 bestimmten regenerativen Bremsdrehmoments. Die Obergrenze der Betätigungskraft, welche dem oben beschriebenen Gesamtsollbremsdrehmoment entspricht, ist eine obere Grenze des durch die Betätigungskraft, welche auf das Bremspedal 76 wirkt, bestimmten regenerativen Bremsdrehmoments. D.h. das regenerative Sollbremsdrehmoment wird derart bestimmt, daß es ein maximales regeneratives Bremsdrehmoment ist, welches nicht das Gesamtsollbremsdrehmoment überschreitet und bei welchem die Energieeffizienz maximal ist. Während die vorliegende Ausführungsform derart angepaßt ist, daß das regenerative Sollbremsdrehmoment das maximale regenerative Bremsdrehmoment ist, bei welchem die Energieeffizienz maximal ist, kann das regenerative Sollbremsdrehmoment anders bestimmt werden. Beispielsweise kann das regenerative Sollbremsdrehmoment auf der Grundlage des Gesamtsollbremsdrehmoments und der oben angezeigten Obergrenze der Elektrizitätsspeicherung oder der Obergrenze der Elektrizitätserzeugung bestimmt werden. Des weiteren kann das regenerative Sollbremsdrehmoment, welches sich bei der vorliegenden Ausführungsform ändert, ein vorbestimmter konstanter Wert sein, beispielsweise ein maximaler regenerativer Bremsdrehmomentwert, welcher auf der Grundlage der Ladungskapazität der Elektroenergiespeichervorrichtung 36 oder der Kapazität des Elektromotors 28 bestimmt wird.

Sowohl der Gesamtbremsdrehmomentkontrolller 46, als auch die Motorsteuervorrichtung 42 ist prinzipiell durch einen Computer gebildet, welcher einen ROM (Festwertspeicher), einen RAM (Speicher mit direktem Zugriff) und eine PU (Prozessoreinheit) aufweist. Mit einem Eingangsteil des Gesamtbremsdrehmomentkontrollers 46 sind die oben angezeigten Drucksensoren 122, 124, 226, ein Kodierer 260 zum Erfassen der Betriebsgeschwindigkeit des Elektromotors 28 und ein Ladekapazitätsdetektor 262 zum Erfassen der Ladekapazität der Elektroenergiespeichervorrichtung 36 verbunden. Mit einem Ausgangsteil des Gesamtbremsdrehmomentkontrollers 46 sind durch jeweilige Treiberschaltungen die Solenoidspulen der solenoidbetriebenen Absperrventile 90, 92, 94, 96, 100, 102, 108, 110, 116 und die Solenoidspulen 210 der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 verbunden. Das ROM speichert verschiedene Steuerprogramme und eine Mehrzahl von Tabellen, welche Beziehungen zwischen Druckerhöhungs- und -verringerungszeiten und dem regenerativen Bremsdrehmoment darstellen. Die Steuerprogramme enthalten ein (nicht dargestelltes) Programm zur Steuerung des Bremssystems in der Kooperationssteuerbetriebsart, ein Gesamtbremsdrehmomentsteuerprogramm, welches in dem Flußdiagramm von Fig. 4 erläutert

ist, ein normales Antiblockierbremssteuerprogramm und ein momentanes Antiblockierbremssteuerprogramm.

Mit einem Eingangsteil der Motorsteuervorrichtung 42 sind der oben angezeigte Kodierer 260 und ein (nicht dargestellter) Beschleunigungsdetektor zum Erfassen eines Betätigungszustands des Fahrpedals verbunden. Mit einem Ausgangsteil der Motorsteuervorrichtung 42 ist die Vorrichtung zur Wandlung von elektrischer Energie verbunden. Das ROM speichert verschiedene Steuerprogramme wie ein Antriebsdrehmomentsteuerprogramm und ein regeneratives Bremsdrehmomentsteuerprogramm. Die Vorrichtung zur Wandlung von elektrischer Energie 40 wird derart gesteuert, daß das Antriebsdrehmoment entsprechend dem Betätigungszustand des Fahrpedals erlangt wird und das regenerative Bremsdrehmoment erlangt wird, welches nahezu gleich dem regenerativen Sollbremsdrehmoment ist.

Die Motorsteuervorrichtung 42 und der Gesamtbremsdrehmomentkontrolller 46 sind für eine Datenübertragung untereinander verbunden. Es wird nämlich eine Information, welche das regenerative Sollbremsdrehmoment darstellt, von dem Gesamtbremsdrehmomentkontrolller 46 der Motorsteuervorrichtung 42 übertragen, und es wird eine Information, welche das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment darstellt, von der Motorsteuervorrichtung 42 dem Gesamtbremsdrehmomentkontrolller 46 übertragen.

Bei dem wie oben beschrieben konstruierten Fahrzeugbremssystem wird ein Niederdrücken des Bremspedals 76 ein Aufbringen eines Gesamtbremsdrehmoments einschließlich wenigstens des hydraulischen Bremsdrehmoments oder des regenerativen Bremsdrehmoments auf jedes Rad 10, 12, 60, 62 hervorrufen. Das heißt es wird sowohl das hydraulische Bremsdrehmoment als auch das regenerative Bremsdrehmoment auf jedes Antriebsrad 10, 12 aufgebracht, während lediglich das hydraulische Bremsdrehmoment auf jedes nicht angetriebene Rad oder angetriebene Rad 60, 62 aufgebracht wird.

Wie oben beschrieben wird das hydraulische Bremsdrehmoment auf einen Wert gleich dem Gesamtsollbremsdrehmoment abzüglich dem aktuellen regenerativen Bremsdrehmoment gesteuert. Da das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment derart gesteuert wird, daß es sich dem regenerativen Sollbremsdrehmoment nähert, welches auf das maximale regenerative Bremsdrehmoment mit der maximalen Energieeffizienz bestimmt wird, ist es möglich, einen Verlust der kinetischen Energie des Fahrzeugs und die Reduzierung der Energieeffizienz zu minimieren.

Bei dem Gesamtbremsdrehmomentkontrolller 46 wird das Gesamtsollbremsdrehmoment auf der Grundlage des Fluiddrucks in dem Hauptzylinder 68 wie durch den Drucksensor 226 erfaßt und das gewünschte regenerative Bremsdrehmoment auf den maximalen Wert bestimmt, bei welchem die maximale Effizienz erlangt wird. Eine Information, welche das regenerative Sollbremsdrehmoment darstellt, wird der Motorsteuervorrichtung 42 zugeführt.

In der regenerativen Bremsvorrichtung 14 wird die Vorrichtung zur Wandlung von elektrischer Leistung 40 durch den Motorkontrolller 42 derart gesteuert, daß das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment mit dem Sollwert übereinstimmt. Das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment wird auf der Grundlage der Betriebsgeschwindigkeit des Elektromotors 28 erzielt, und es wird eine Information, welche das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment darstellt, dem Gesamtbremsdrehmomentkontrolller 46 zugeführt. Der Gesamtbremsdrehmomentkontrolller 46 berechnet das hydraulische Sollbremsdrehmoment durch Subtrahieren des aktuellen regenerativen Bremsdrehmoments von dem Gesamtsollbremsdrehmoment und bestimmt die Steuerspannung der linearen Solenoidventilvorrichtung 56. Wenn das aktu-

elle regenerative Bremsdrehmoment gleich null ist, wird die Steuerspannung derart bestimmt, daß das hydraulische Sollbremsdrehmoment mit dem Gesamtsollbremsdrehmoment übereinstimmt.

Wenn das Gesamtbremsdrehmoment wenigstens eines der Räder 10, 12, 60, 62 eine obere Grenze entsprechend den Reibungskoeffizienten der Straßenoberfläche überschreitet, wird die Antiblockierbremssteuerung eingeleitet, wobei die Absperrventile 90, 92 geschlossen werden und das Absperrventil 108 geöffnet wird. Wenn das regenerative Bremsdrehmoment gleich null ist, wird die normale Antiblockiersteuerung bewirkt. Wenn das regenerative Bremsdrehmoment nicht gleich null ist, wird das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht, und es wird eine momentane Gesamtbremsdrehmomentsteuerung bewirkt.

Die momentane Gesamtbremsdrehmomentsteuerung enthält wenigstens eine momentane Antiblockierbremssteuerung oder eine Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des momentanen hydraulischen Bremsdrehmoments. Die letztgenannte Steuerung dient der Steuerung des Gesamtbremsdrehmoments, um den Gradienten der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments der nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Räder, welche nicht der Antiblockiersteuerung unterworfen sind, zu beschränken oder zurückzuhalten. Die Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des momentanen hydraulischen Bremsdrehmoments enthält: eine Vorderadgradientenbeschränkungssteuerung zur Beschränkung des Gradienten der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Vorder- oder Antriebsräder; und eine Hinterradgradientenbeschränkungssteuerung zur Beschränkung des Gradienten der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Hinterräder oder die nicht angetriebenen Räder. Bei der Steuerung der Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des momentanen hydraulischen Bremsdrehmoments wird der Gradient oder die Rate, bei welcher das hydraulische Bremsdrehmoment für die nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Räder erhöht wird, beschränkt oder zurückgehalten, so daß das hydraulische Bremsdrehmoment für die nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Räder lediglich langsam erhöht wird. Im Hinblick darauf wird die "Steuerung der Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des momentanen hydraulischen Bremsdrehmoments" als "Steuerung der langsamen Erhöhung des momentanen hydraulischen Bremsdrehmoments" bezeichnet, wo es angebracht ist.

Wenn das Bremsdrehmoment der Vorderräder (Antriebsräder) die obere Grenze überschreitet, wird die momentane Antiblockierbremssteuerung für die Vorderräder bewirkt, während die Steuerung der langsamen Erhöhung des momentanen hydraulischen Bremsdrehmoments für die Hinterräder (nicht angetriebenen Räder) bewirkt wird. Wenn das Bremsdrehmoment der Hinterräder die obere Grenze überschreitet, wird die normale Antiblockierbremssteuerung für die Hinterräder bewirkt, während die Steuerung der langsamen Erhöhung des momentanen hydraulischen Bremsdrehmoments für die Vorderräder (Antriebsräder) bewirkt wird. Wenn das Bremsdrehmoment der Vorder- und Hinterräder die obere Grenze überschreitet, wird die momentane Antiblockierbremssteuerung für die Vorderräder bewirkt, während die normale Antiblockierbremssteuerung für die Hinterräder bewirkt wird.

Wie oben beschrieben, wird die Steuerspannung der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 derart gesteuert, daß das hydraulische Bremsdrehmoment entsprechend dem Fluiddruck wie durch den Drucksensor 124 erfaßt mit dem hydraulischen Sollbremsdrehmoment übereinstimmt, welches eine Differenz ist, die durch Subtrahieren des aktuellen

regenerativen Bremsdrehmoments von dem Gesamtsollbremsdrehmoment erzielt wird. Wenn das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht wird, wird daher die Steuerspannung derart gesteuert, daß der Ausgangsdruck der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 für ein rasches Erhöhen des hydraulischen Bremsdrehmoments, welches auf alle Räder aufzubringen ist, rasch erhöht wird. Für die nichtangetriebenen Räder 60, 62 wird das hydraulische Bremsdrehmoment um einen Betrag entsprechend dem aktuellen regenerativen Bremsdrehmoment, welches auf null gebracht worden ist, erhöht, so daß das Gesamtbremsdrehmoment infolge eines raschen Erhöhens des hydraulischen Bremsdrehmoments rasch erhöht wird. In diesem Fall wird die Antiblockierbremssteuerung zu einem Zeitpunkt früher als erfordert eingeleitet, oder die Laufstabilität des Fahrzeugs verschlechtert sich. Bezüglich der Antriebsräder 10, 12 wird das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment, welches auf null gebracht worden ist, durch das hydraulische Bremsdrehmoment ersetzt, so daß das Gesamtbremsdrehmoment im wesentlichen konstant gehalten wird. Jedoch wird tatsächlich das hydraulische Bremsdrehmoment temporär rasch erhöht, da der Gradient oder die Rate der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments größer als der Gradient oder die Rate der Verringerung des hydraulischen Bremsdrehmoments ist.

Somit wird das hydraulische Bremsdrehmoment, welches auf alle Räder aufgebracht wird, rasch erhöht, wenn das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht wird. Bezüglich der Räder, welche der Antiblockierbremssteuerung unterworfen werden, wird das hydraulische Bremsdrehmoment durch Steuern der solenoidbetriebenen Absperrventile gesteuert, um ein rasches Erhöhen des hydraulischen Bremsdrehmoments zu verhindern. Bezüglich der nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Räder, welche nicht der Antiblockiersteuerung unterworfen werden, wird andererseits das hydraulische Bremsdrehmoment nicht durch die Absperrventile gesteuert, daher wird es erwünscht, ein Erhöhen des Gradienten der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments zu beschränken oder zurückzuhalten. Die vorliegende Erfindung ist dahingehend angepaßt, die Rate der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Räder unabhängig davon, ob die der Antiblockiersteuerung unterworfenen Räder die Vorderräder oder die Hinterräder sind, d. h. unabhängig davon, ob die momentane Antiblockierbremssteuerung für die Antriebsräder 10, 12 bewirkt wird, oder ob die normale Antiblockierbremssteuerung für die Nichtantriebsräder 60, 62 bewirkt wird, zu beschränken. Es wird nämlich der Gradient der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Räder beschränkt, welche entweder die Antriebsräder oder die nicht angetriebenen Räder sind.

Im folgenden wird die normale Antiblockierbremssteuerung kurz erörtert. Die normale Antiblockierbremssteuerung wird eingeleitet, wenn die folgende Ungleichung als Einleitungsbedingung für eines der Räder 10, 12, 60, 62 erfüllt wird:

$$\Delta V_w > \Delta V_{SN} + \Delta V_R$$

wobei  $\Delta V_w$  einen Betrag des Gleitens jedes geeigneten Rades darstellt,  $\Delta V_{SN}$  einen Betrag des Gleitens des Rades darstellt, wenn die Beschleunigung des Rades sich unter eine vorbestimmte untere Grenze verringert hat, und  $\Delta V_R$  einen Bezugsgleitbetrag des Rades darstellt.

Die normale Antiblockierbremssteuerung wird beendet, wenn eine der folgenden Abbruchbedingungen erfüllt wird:



wenn das betätigte Bremspedal 76 auf die nicht betätigte Position zurückgekehrt ist; und wenn die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs sich unter einen bestimmten Schwellenwert verringert hat.

Bei der normalen Antiblockierbremssteuerung wird eine Betriebsart aus einer Druckverringerbetriebsart, einer Druckhaltebetriebsart und einer Druckerhöhungsbetriebsart auf der Grundlage des Gleitzustands und des Beschleunigungswerts des Rades gewählt. Die Druckerhöhungsbetriebsart enthält: eine Druckerhöhungszeitsteuerungsunterbetriebsart, bei welcher der Fluidruck in dem Radbremszylinder um eine relativ große Rate erhöht wird; eine Pulszählerhöhungsunterbetriebsart, bei welcher der Fluidruck in dem Radbremszylinder bei einer relativ niedrigen Rate erhöht wird; und eine Schwankungserhöhungsunterbetriebsart, welche auf den Abbruch der Pulszählerhöhungsunterbetriebsart eingerichtet wird.

Wenn die Erhöhungszeitsteuerungsunterbetriebsart gewählt wird, wird die Druckerhöhungszeit auf der Grundlage der Beschleunigung des Fahrzeugs beispielsweise bestimmt. Da die Zykluszeit, welche eine Summe der Druckerhöhungszeit und der Druckhaltezeit ist, vorbestimmt ist, wird die Druckhaltezeit automatisch bestimmt, wenn die Druckerhöhungszeit bestimmt wird. Ein Erhöhen der Druckerhöhungszeit erhöht ein Verhältnis der Druckerhöhungszeit zu der Druckhaltezeit (der Zykluszeit), so daß die Rate oder der Gradient bezüglich des Fluidrucks in dem Radbremszylinder erhöht wird. Wenn die Pulserhöhungsunterbetriebsart gewählt wird, werden die Druckerhöhungszeit, die Druckhaltezeit und die Anzahl von Drucksteuerpulsen auf der Grundlage des Gleitzustands des Rades bestimmt.

Die momentane Gesamtbremsdrehmomentsteuerung wird eingeleitet, wenn eine Bedingung zur Einleitung der momentanen Gesamtbremsdrehmomentsteuerung erfüllt wird. Diese Einleitungsbedingung wird erfüllt, wenn die Bedingung zur Einleitung der normalen Antiblockierbremssteuerung nach einer vorbestimmten Zeit erfüllt wird, nachdem das Bremspedal 76 niedergedrückt worden ist. Wenn die Bedingung zum Einleiten der normalen Antiblockiersteuerung nach der vorbestimmten Zeit nach dem Niederdrücken des Bremspedals 76 erfüllt wird, wird angezeigt, daß die Bedingung zur Einleitung der Antiblockierbremssteuerung erfüllt wird, während das Bremspedal 76 relativ langsam zum Bremsen des Fahrzeugs bezüglich einer relativ großen Zeitdauer niedergedrückt wird. Wenn die Bedingung zur Einleitung der Antiblockierbremssteuerung während eines abrupten oder raschen Bremsens des Fahrzeugs erfüllt wird, ist andererseits der Fluidruck in der Druckkammer 74 hinreichend groß, so daß die momentane Gesamtbremsdrehmomentsteuerung nicht bewirkt wird. Wenn das Bremspedal 76 über eine relativ große Zeitdauer langsam niedergedrückt wird, ist der Fluidruck in der Druckkammer 74 nicht so hoch, so daß dann, wenn das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht wurde und die normale Antiblockierbremssteuerung nicht bewirkt wurde, der Bremszylinderdruck nicht mit einer hinreichend großen Rate erhöht werden könnte, und es würde das Gesamtbremsdrehmoment für die Antriebsräder unzulänglich sein, welche der Antiblockierbremssteuerung unterworfen werden. Die Momentanantiblockierbremssteuerung wird eingeleitet, wenn die Bedingung zur Einleitung der momentanen Gesamtbremsdrehmomentsteuerung erfüllt wird und wenn das Bremsdrehmoment der Antriebsräder die obere Grenze überschreitet.

Die momentane Gesamtbremsdrehmomentsteuerung wird beendet, wenn die momentane Antiblockiersteuerung und die Steuerung der langsamen Erhöhung des momentanen hydraulischen Bremsdrehmoments beide beendet werden. Üblicherweise wird jedoch die Steuerung der langsamen

Erhöhung des momentanen hydraulischen Bremsdrehmoments vor der momentanen Antiblockierbremssteuerung beendet.

Die momentane Antiblockierbremssteuerung wird beendet, wenn wenigstens eine der folgenden Bedingungen erfüllt wird: (a) wenn die Bedingung zur Beendigung der normalen Antiblockiersteuerung erfüllt wird; (b) wenn die Druckverringerbetriebsart für die zweite Zeit für wenigstens eines der Vorderräder 10, 12 gewählt wird, wenn das durch die Information von der Motorsteuervorrichtung 42 dargestellte aktuelle regenerative Bremsdrehmoment auf einen kleineren Wert als ein vorbestimmter Wert länger als eine vorbestimmte Zeitdauer gehalten wird oder wenn die momentane Antiblockiersteuerung länger als eine vorbestimmte Zeitdauer bewirkt wird; (c) wenn das durch die Information von der Motorsteuervorrichtung 42 dargestellte aktuelle regenerative Bremsdrehmoment auf einem kleineren Wert als der vorbestimmte Wert länger als die vorbestimmte Zeitdauer gehalten wird; und (d) wenn die vorbestimmte Zeitdauer nach der Einleitung der momentanen Antiblockierbremssteuerung verstrichen ist.

Üblicherweise wird die Bedingung (b) als erste der Bedingungen (a) bis (d) erfüllt. Es wird davon ausgegangen, daß die gewählte Druckverringerbetriebsart, nachdem das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht worden ist, infolge des hydraulischen Bremsdrehmoments gewählt wird.

Wenn die Bedingung (b) erfüllt wird, wird daher angenommen, daß kein Einfluß des regenerativen Bremsdrehmoments vorhanden ist und keine Notwendigkeit besteht, die momentane Antiblockierbremssteuerung zu bewirken. Der vorbestimmte Wert wird im Hinblick auf einen möglichen Fall bestimmt, bei welchem das regenerative Bremsdrehmoment wie durch die Information von der Motorsteuervorrichtung 42 dargestellt infolge eines Rauschens größer als null ist, während das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment tatsächlich gleich null ist. Die vorbestimmte Zeitdauer, über welche das regenerative Bremsmoment auf einem kleineren Wert als dem vorbestimmten Wert gehalten wird, wird bestimmt, um den Abbruch der momentanen Antiblockierbremssteuerung nach der Ausführung für eine kurze Zeitdauer zu verhindern. Diesbezüglich wird festgestellt, daß die Einleitungsbedingung zum Einleiten der momentanen Antiblockierbremssteuerung aufeinanderfolgend für die zwei Vorderräder 10, 12 während der Fahrt des Fahrzeugs auf einer Straßenoberfläche mit einem gleichmäßigen Reibungskoeffizienten für die zwei Räder beispielsweise erfüllt werden kann. In diesem Fall kann die Druckverringerbetriebsart für die erste Zeitdauer für die zwei Vorderräder 10, 12 aufeinanderfolgend in einer kurzen Zeitperiode gewählt werden. In diesem Beispiel kann die zum ersten Mal für eines der Vorderräder, für welches die Einleitungsbedingung folgend auf das andere Vorderrad erfüllt wurde, gewählte Druckverringerbetriebsart fehlerhaft als die zweite Wahl der Druckverringerbetriebsart für das oben angezeigte andere Vorderrad bestimmt werden, für welches die Einleitungsbedingung vorher erfüllt wurde. In diesem Fall wird die momentane Antiblockierbremssteuerung beendet, und es würde das Gesamtbremsdrehmoment der Antriebsräder unzureichend sein. Die oben angezeigte vorbestimmte Zeitdauer wird groß genug bestimmt, um diesen Nachteil zu vermeiden. Wenn die Zeitdauer übermäßig groß ist, würde jedoch der Fluidruck in dem Bremszylinder bei einem übermäßig hohen Gradienten sogar auf zweite und folgende Operationen zur Erhöhung des Bremszylinderdrucks erhöht werden, was zu einer Möglichkeit eines Steuerungsnachlaufens führt. Im Hinblick auf diese möglichen Phänomene wird die Zeitdauer hinreichend bestimmt.

Die vorbestimmte Zeitdauer, in welcher die momentane Antiblockierbremssteuerung bewirkt wird, wird zur Verhinderung eines Nachteils verwendet, welcher auftreten würde, falls es nicht möglich wäre, zu erfassen, daß das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment auf null über eine größere Zeitdauer als die vorbestimmte Zeitdauer gehalten wird. Diese vorbestimmte Zeitdauer wird derart bestimmt, daß das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment auf null sogar dann gebracht werden kann, falls das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment, unmittelbar bevor es auf null gebracht worden ist, gleich dem nominalen maximalen Wert ist, welcher durch die Kapazität des Elektromotors 28 und die Ladekapazität der Elektroenergiespeichervorrichtung 36 bestimmt wird.

Wenn die Druckverringerungs- oder Druckhaltebetriebsart während der momentanen Antiblockiersteuerung gewählt wird, wird der Bremszylinderdruck auf dieselbe Weise wie bei der normalen Antiblockierbremssteuerung reduziert oder konstant gehalten. Wenn die Druckerhöhungsbetriebsart gewählt wird, werden die Druckerhöhungszeit, die Druckhaltezeit und die Druckerhöhungsstruktur (Zahl von Drucksteuerpulsen) auf der Grundlage des regenerativen Bremsdrehmoments kompensiert, unmittelbar bevor dieses Drehmoment (hiernach als "vorausgehender regenerativer Bremsdrehmomentwert" bezeichnet) und der Beschleunigungswert des Motorfahrzeugs auf null gebracht werden. Bezüglich dieser Kompensation speichert das ROM des Gesamtbremsdrehmomentkontrollers 46 Tabellen, welche die Beziehungen zwischen Kompensationsbeträgen der Druckerhöhungszeit, der Druckhaltezeit und der Druckerhöhungsstruktur und des vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmoments und der Fahrzeugbeschleunigungswerte darstellen. Die Kompensationsbeträge zur Erhöhung der Druckerhöhungszeit und der Druckerhöhungspulszahl erhöhen sich mit einem Erhöhen des vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmomentwerts und verringern sich mit einem Erhöhen des Fahrzeugbeschleunigungswerts. Der Kompensationsbetrag zur Reduzierung der Druckhaltezeit erhöht sich mit einem Erhöhen des vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmomentwerts und verringert sich mit einem Erhöhen des Fahrzeugbeschleunigungswerts. Die Rate der Erhöhung des Bremszylinderdrucks erhöht sich mit einem Erhöhen der Druckerhöhungszeit und einer Verringerung der Druckhaltezeit. Diese Kompensationen werden in irgendeiner Form der Druckerhöhungsbetriebsart durchgeführt, d. h. in irgendeiner der Druckerhöhungszeitsteuerungsunterbetriebsart, der Pulszahlerhöhungsunterbetriebsart und der Schwankungserhöhungsunterbetriebsart.

Während die vorliegende Ausführungsform angepaßt ist, die Kompensationsbeträge auf der Grundlage des vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmoments und des Fahrzeugbeschleunigungswerts zu kompensieren, kann die Kompensation auf der Grundlage wenigstens des vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmoments oder des Fahrzeugbeschleunigungswerts oder auf der Grundlage anderer Parameter wie des Verzögerungswerts des geeigneten Rads bewirkt werden.

In dem Fall, bei welchen das Nachlaufen der Radgeschwindigkeit erfaßt wird, wird der Bremszylinderdruck in einer Nachlaufverhinderungsbetriebsart gesteuert, bei welcher die Kompensationsbeträge um die Hälfte der Normalbeträge reduziert sind, so daß der Betrag der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments zum Reduzieren der Möglichkeit des Nachlaufens reduziert wird. Obwohl die vorliegende Erfindung angepaßt ist, die Kompensationsbeträge (Absolutwerte) auf die Hälfte der Normalbeträge bei der Nachlaufverhinderungsbetriebsart zu reduzieren, kann das Reduzierungsverhältnis der Kompensationsbeträge an-

ders bestimmt werden. Beispielsweise können die Kompensationsbeträge bei der Nachlaufverhinderungsbetriebsart auf 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 2/3 oder 3/4 der Normalbeträge reduziert werden oder auf null gebracht werden.

Das Nachlaufen der Radgeschwindigkeit wird erfaßt, falls ein extrem großer Änderungsbetrag des Radbeschleunigungswerts zweimal oder öfter erfaßt wird. Der Radbeschleunigungswert wird während einer Antiblockierbremssteuerung erfaßt. Falls sich der erfaßte Radbeschleunigungswert von einem positiven Wert auf einen negativen Wert geändert hat, wird diese Änderung als extrem großer Änderungsbetrag der Radbeschleunigung erfaßt, d. h. als Nachlaufen der Radgeschwindigkeit.

Bei der Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments des Hinterrads in der momentanen Gesamtbremsdrehmomentsteuerung wird die Rate der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Hinterräder 60, 62 als die nicht angetriebenen Räder auf einen Wert beschränkt, welcher durch das Gesamtbremsdrehmoment (hiernach als der "vorausgehende Gesamtbremsdrehmomentwert" bezeichnet) unmittelbar vor dem regenerativen Bremsdrehmoment auf null gebracht wird. Das hydraulische Bremsdrehmoment für die Hinterräder 60, 62 wird vorzugsweise weich oder bei einer niedrigen Rate erhöht, bis der vorausgehende Gesamtbremsdrehmomentwert erreicht wird. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird die Anzahl von Drucksteuerpulsen, welche zum Erhöhen des hydraulischen Bremsdrehmoments der Hinterräder 60, 62 auf den vorausgehenden Gesamtbremsdrehmomentwert benötigt wird, in den ROM des Gesamtbremsdrehmomentkontrollers 46 in Beziehung zu dem vorausgehenden Gesamtbremsdrehmomentwert gespeichert.

Die Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments des Hinterrads wird beendet, wenn die Zahl der Drucksteuerpulse den Wert erreicht hat, welcher durch die oben angezeigte gespeicherte Beziehung bestimmt wird. Diese Steuerung wird ebenfalls beendet, wenn die Antiblockierbremssteuerung für eines der Hinterräder 60, 62 eingeleitet wird.

Die Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments des Hinterrads ist wirksam, um die Verschlechterung der Laufstabilität des Fahrzeugs zu reduzieren im Vergleich mit der Steuerung des hydraulischen Bremsdrehmoments, bei welcher das hydraulische Bremsdrehmoment mit einer vergleichsweise hohen Rate erhöht wird. Die langsame Steuerung des hydraulischen Bremsdrehmoments des Hinterrads macht es möglich, den Zeitpunkt hinauszuzögern, zu welchem die Antiblockierbremssteuerung bezüglich der Hinterräder 60, 62 eingeleitet wird. Falls das hydraulische Bremsdrehmoment für die Hinterräder 60, 62 vor dieser Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments relativ groß ist, ist es möglich, eine Unzulänglichkeit des Gesamtbremsdrehmoments zu vermeiden, wenn die Antiblockierbremssteuerung für wenigstens eines der Hinterräder 60, 62 eingeleitet wird.

Bei der Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments des Vorderrads wird die Rate der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Vorderräder 10, 12 gesteuert, so daß ein Betrag der Reduzierung des Gesamtbremsdrehmoments (welcher dem vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmomentwert entspricht, der auf null gebracht worden ist) für ein sanftes Erhöhen des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Vorderräder zeitlich kompensiert wird. Diese Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments des Vorderrads wird nicht eingeleitet, unmittelbar nachdem die Information, welche das regenerative Sollbremsdrehmoment (welches 0 beträgt) darstellt, von dem Gesamtbremsdreh-

momentkontroller 46 der Motorsteuervorrichtung 42 zugeführt worden ist, jedoch nachdem eine vorbestimmte Zeitdauer verstrichen ist, nachdem die Information der Motorsteuervorrichtung 42 zugeführt worden ist, d. h. nachdem das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment sich zu verringern beginnt. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird die Rate des Erhöhen des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Vorderräder in Abhängigkeit des vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmomentwerts bestimmt. Die Beziehungen zwischen diesem vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmomentwert und der Druckerhöhungszeit, der Druckhaltezeit und der Druckerhöhungspulszahl wird durch die Tabellen dargestellt, welche in dem ROM des Gesamtbremsdrehmomentkontrollers 46 gespeichert sind.

Die Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments des Vorderrads wird beendet, wenn die Zahl der Drucksteerpulse den Wert erreicht hat, welcher durch die geeignete Beziehung bestimmt wird, oder wenn die Antiblockierbremssteuerung für die Vorderräder eingeleitet wird.

Wie oben beschrieben besitzt die Gesamtbremsdrehmomentsteuerung vier Steuerungskonfigurationen (H), (I), (J), (K):

- (H) Es wird die normale Antiblockiersteuerung bewirkt.
- (I) Es wird die momentane Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Vorderräder bewirkt, während die normale Antiblockiersteuerung für die Hinterräder bewirkt wird.
- (J) Es wird die momentane Antiblockiersteuerung für die Vorderräder bewirkt, während die momentane Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Hinterräder bewirkt wird.
- (K) Es wird die momentane Antiblockiersteuerung für die Vorderräder bewirkt, während die normale Antiblockiersteuerung für die Hinterräder bewirkt wird.

Wenn die momentane Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments bei der Steuerkonfiguration (J) beendet wird, begibt sich der Steuerfluß zu der Steuerkonfiguration (K). Wenn die Steuerkonfiguration (K) beendet wird, begibt sich der Steuerfluß zu der Steuerkonfiguration (H). In der folgenden Beschreibung werden die Steuerkonfigurationen (H), (I), (J) und (K) jeweils als "normale Drucksteuerung", "langsame Vorderraddruckerhöhungssteuerung", "langsame Hinterraddruckerhöhungssteuerung" und momentane Drucksteuerung bezeichnet.

Unter Bezugnahme auf das Flußdiagramm von Fig. 4 wird das Programm der Gesamtbremsdrehmomentsteuerung beschrieben. Dieses Programm wird mit einem Schritt S1 eingeleitet, in welchem die Drehgeschwindigkeit der Räder und die geschätzte Laufgeschwindigkeit des Motorfahrzeugs gelesen werden. Danach begibt sich der Steuerfluß zu Schritten S2 bis S6, in welchen entschieden wird, ob eine der oben angezeigten langsamen Vorderraddruckerhöhungssteuerung, der momentanen Drucksteuerung, der langsamen Hinterraddruckerhöhungssteuerung und der normalen Drucksteuerung derzeit durchgeführt wird. Diese Bestimmungen in den Schritten S2 bis S5 werden durch Bestimmung dahingehend durchgeführt, ob das jeweilige Flag der langsamen Vorderraddruckerhöhung, das Flag der momentanen Drucksteuerung, das Flag der langsamen Hinterraddruckerhöhung und das Flag der normalen Drucksteuerung auf "1" oder "0" gesetzt sind. Wenn in allen Schritten S2 bis S5 eine negative Entscheidung (NEIN) erfolgt, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S6, um zu bestimmen, ob die Bedingung zur Einleitung der momentanen Antiblockier-

steuerung erfüllt wird, zu einem Schritt S7, um zu bestimmen ob die Bedingung zur Einleitung der Steuerung zur langsamen Vorderraddruckerhöhung erfüllt wird, und zu einem Schritt S8, um zu bestimmen, ob die Bedingung zur Einleitung der normalen Drucksteuerung erfüllt wird. Es wird dieselbe Einleitungsbedingung in dem Schritt S6 zur Bestimmung dahingehend verwendet, ob die Steuerung zur langsamen Hinterraddruckerhöhung eingeleitet werden sollte, und zur Bestimmung, ob die momentane Drucksteuerung eingeleitet werden sollte. Wenn die Bedingung zur Einleitung der momentanen Antiblockierbremssteuerung erfüllt wird, d. h. wenn in dem Schritt S6 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, werden die Bedingung zur Einleitung der langsamen Vorderraddruckerhöhung (Schritt S7) und die Bedingung zur Einleitung der normalen Drucksteuerung (Schritt S8) stets erfüllt. Wenn die Bedingung zur Einleitung der langsamen Vorderraddruckerhöhungssteuerung erfüllt wird, d. h. wenn in dem Schritt S7 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, wird die Bedingung zur Einleitung der normalen Drucksteuerung (der normalen Antiblockierbremssteuerung) stets erfüllt. Dementsprechend werden die Schritte S6, S7 und S8 in dieser Reihenfolge ausgeführt. Wenn diese Schritte in der umgekehrten Reihenfolge ausgeführt werden, kann die langsame Hinterraddruckerhöhungssteuerung beispielsweise nicht ausgeführt werden.

Wenn die Bedingung zur Einleitung der momentanen Antiblockiersteuerung erfüllt wird, wird in dem Schritt S6 die positive Bestimmung (JA) erzielt, und der Steuerfluß begibt sich zu einem Schritt S9, um das regenerative Sollbremsdrehmoment auf null zu bringen und die Motorsteuervorrichtung 42 darüber zu informieren, daß das regenerative Sollbremsdrehmoment auf null gebracht werden sollte. Auf den Schritt S9 folgt ein Schritt S10 zur Bestimmung, ob die Bedingung zur Einleitung der Antiblockiersteuerung lediglich für das Vorderrad oder die Hinterräder erfüllt wird oder für sowohl das Vorderrad bzw. die Vorderräder als auch für das Hinterrad bzw. die Hinterräder. Wenn die Bedingung zur Einleitung der Antiblockierbremssteuerung für wenigstens eines der Vorderräder 10, 12 erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S11, bei welchem das Flag der langsamen Hinterraddruckerhöhung auf "1" gesetzt wird, und zu einem Schritt S12, bei welchem die momentane Antiblockiersteuerung für die Vorderräder bewirkt wird, während die Steuerung der langsamen Hinterraddruckerhöhung für die Hinterräder bewirkt wird. Falls die Bedingung zur Einleitung der Antiblockierbremssteuerung sowohl für die Vorderräder als auch die Hinterräder erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S13, um das Flag der momentanen Druckerhöhung auf "1" zu setzen, und zu einem Schritt S14, bei welchem die momentane Antiblockierbremssteuerung für die Vorderräder bewirkt wird, während die normale Antiblockierbremssteuerung für die Hinterräder bewirkt wird.

Wenn die Bedingung zur Einleitung der momentanen Antiblockierbremssteuerung nicht erfüllt wird, jedoch die Bedingung zur Einleitung der langsamen Vorderraddruckerhöhungssteuerung erfüllt wird, d. h. wenn in dem Schritt S6 eine negative Bestimmung (NEIN) erzielt wird, während in dem Schritt S7 eine positive Bestimmung (JA) erzielt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S15, um das regenerative Sollbremsdrehmoment auf null zu bringen, danach zu einem Schritt S16, um das Flag der langsamen Vorderraddruckerhöhung auf "1" zu setzen, und danach zu einem Schritt S17, bei welchem die langsame Druckerhöhungssteuerung für die Vorderräder bewirkt wird, um die Rate der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Vorderräder einzuschränken oder zu beschränken, während die Antiblockierbremssteuerung für die Hinterräder

der bewirkt wird.

Wenn die Bedingung zur Einleitung der normalen Drucksteuerung erfüllt wird, d. h. wenn in dem Schritt S6 eine positive Bestimmung (JA) erzielt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S18, um das Flag der normalen Drucksteuerung auf "1" zu setzen, und danach auf den Schritt S19, bei welchem die normale Antiblockierbremssteuerung für wenigstens eines der vier Räder bewirkt wird.

Wenn das Flag der langsamen Vorderradruddruckerhöhung auf "1" gesetzt wird, wird in dem Schritt S2 eine positive Bestimmung (JA) erzielt, und der Steuerfluß begibt sich zu einem Schritt S20, um zu bestimmen, ob eine Bedingung zur Beendigung der langsamen Vorderradruddruckerhöhung erfüllt wird. Wenn diese Beendigungsbedingung nicht erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu dem Schritt S17, bei welchem die langsame Vorderradruddruckerhöhung fortgesetzt wird. Wenn die Beendigungsbedingung nicht erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S21, um das Flag der langsamen Vorderradruddruckerhöhung auf "0" zu setzen und das Flag der normalen Drucksteuerung auf "1" zu setzen. Danach wird der Schritt S19 aufgeführt, um die normale Antiblockierbremssteuerung zu bewirken. Somit wird die langsame Vorderradruddruckerhöhung auf das Beenden der langsamen Vorderradruddruckerhöhung auf die normale Drucksteuerung geändert.

Wenn das momentane Steuerflag auf 1 gesetzt ist, wird in dem Schritt S3 eine positive Bestimmung (JA) erzielt, und der Steuerfluß begibt sich zu einem Schritt S23, um zu bestimmen, ob eine Bedingung zur Beendigung der momentanen Drucksteuerung erfüllt wird. Wenn diese Beendigungsbedingung nicht erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu dem Schritt S14, bei welchem die momentane Antiblockierbremssteuerung für die Vorderräder fortgesetzt wird, während die normale Antiblockierbremssteuerung für die Hinterräder bewirkt wird. Wenn die Beendigungsbedingung nicht erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu Schritten S24 und S25 ähnlich den oben angezeigten Schritten S21 und S22, um das Flag der momentanen Drucksteuerung auf "0" zurückzusetzen und das Flag der normalen Drucksteuerung auf "1" zu setzen.

Wenn das Flag der langsamen Hinterradruddruckerhöhung auf "1" gesetzt ist, wird in dem Schritt S4 eine positive Bestimmung (JA) erzielt, und der Steuerfluß begibt sich zu einem Schritt S26, um zu bestimmen, ob eine Bedingung zur Beendigung der langsamen Hinterradruddruckerhöhung für die Hinterräder erfüllt wird, und zu einem Schritt S27, um zu bestimmen, ob eine Bedingung zur Beendigung der momentanen Antiblockiersteuerung für die Vorderräder erfüllt wird. In den meisten Fällen wird in dem Schritt S26 eine positive Bestimmung (JA) erzielt, bevor eine positive Bestimmung (JA) in dem Schritt S27 erzielt wird. Mit anderen Worten, es wird in dem Schritt S27 kaum die positive Bestimmung erzielt, bevor die positive Bestimmung in dem Schritt S26 erzielt worden ist. Wenn die Bedingung zur Beendigung der langsamen Hinterradruddruckerhöhung erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S28, um das Flag der langsamen Hinterradruddruckerhöhung auf "0" zu setzen, und danach zu einem Schritt S29, um das Flag der momentanen Drucksteuerung auf "1". Danach wird der Schritt S14 ausgeführt, um die momentane Antiblockierbremssteuerung für die Vorderräder und die normale Antiblockiersteuerung für die Hinterräder auszuführen. Wenn die Bedingung zur Beendigung der momentanen Antiblockierbremssteuerung für die Vorderräder erfüllt wird, d. h. wenn in dem Schritt S27 die positive Bestimmung (JA) erzielt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S30, um das Flag der langsamen Hinterradruddruckerhöhung auf "0" zurückzusetzen und zu einem Schritt S31, um das Flag in

der normalen Drucksteuerung auf "1" zu setzen. Danach wird der Schritt S19 ausgeführt, um die normale Drucksteuerung zu bewirken. Wenn weder die Bedingung zur Beendigung der langsamen Hinterradruddruckerhöhung noch die Bedingung zur Beendigung der momentanen Vorderradantiblockierbremssteuerung erfüllt wird, wird in dem Schritt S27 eine negative Bestimmung (NEIN) erzielt, und der Steuerfluß begibt sich zu dem Schritt S12, bei welchem die langsame Hinterradruddruckerhöhung fortgesetzt wird.

Wenn das Flag der normalen Drucksteuerung auf "1" gesetzt wird, d. h. wenn in dem Schritt S5 eine positive Bestimmung (JA) erzielt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S32, um zu bestimmen, ob eine Bedingung zur Beendigung der normalen Antiblockiersteuerung erfüllt wird. Wenn diese Beendigungsbedingung nicht erfüllt wird, wird der Schritt S19 ausgeführt, bei welchem die normale Antiblockierbremssteuerung fortgesetzt wird. Wenn die Beendigungsbedingung erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S33, um das Flag der normalen Drucksteuerung auf "0" zurückzusetzen, wodurch die Antiblockierbremssteuerung beendet wird. Falls die momentane Drucksteuerung beendet wird, wenn die Bedingung zur Beendigung der Antiblockiersteuerung erfüllt wird, wird das Flag der momentanen Drucksteuerung auf "0" zurückgesetzt und das Flag der normalen Drucksteuerung auf "1" gesetzt. In diesem Fall wird in dem Schritt S32 die positive Bestimmung erzielt, und es wird ebenfalls die normale Antiblockierbremssteuerung beendet.

Wie oben beschrieben ist das Bremssystem der vorliegenden Erfindung angepaßt, die momentane Gesamtbremsdrehmomentsteuerung zu bewirken, wenn das regenerative Bremsdrehmoment während der Bremsanwendung sowohl mit dem regenerativen Bremsdrehmoment als auch dem hydraulischen Bremsdrehmoment auf null gebracht wird. Diese Anordnung ermöglicht eine spürbare Reduzierung des Einflusses, der sich aus dem auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments ergibt. Wenn die der Antiblockiersteuerung unterworfenen Räder die Antriebsräder sind, ist die vorliegende Anordnung wirksam, die Schwierigkeit einer Unzulänglichkeit des Gesamtbremsdrehmoments bezüglich der Antriebsräder zu minimieren. Des weiteren ermöglicht es die vorliegende Anordnung, die Rate oder den Gradienten der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die nicht der Antiblockiersteuerung unterworfenen Räder zu beschränken.

Es wird festgestellt, daß der Gesamtbremsdrehmomentkontrolller 46 aus der Gesamtbremsdrehmomentsteuereinrichtung, der während des Aufbringens des regenerativen Bremsdrehmoments oder des Reibungsdrehmoments betreibbaren Bremsdrehmomentsteuereinrichtung und einer während des Aufbringens sowohl des regenerativen Bremsdrehmoments als auch des Reibungsbremsdrehmoments betreibbaren Bremsdrehmomentsteuereinrichtung gebildet wird. Es wird ebenfalls festgestellt, daß ein Teil des Gesamtbremsdrehmomentkontrollers 46, welcher für die Ausführung der Schritte S12, S14 und S17 vorgesehen ist, die Bremsdrehmomentsteuereinrichtung bildet, welche während der Aufbringung sowohl des regenerativen Bremsdrehmoments als auch des Reibungsbremsdrehmoments betreibbar ist. Des weiteren enthält diese Bremsdrehmomentsteuereinrichtung eine zweite Antiblockiersteuerung, welche während des Aufbringens sowohl des regenerativen Bremsdrehmoments als auch des Reibungsbremsdrehmoments betreibbar ist, zum Bewirken einer momentanen Antiblockierbremssteuerung für das Vorderrad und eine Einrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments für ein nicht der Antiblockier-

steuerung unterworfenen Rad. Es wird weiter festgestellt, daß ein Teil des Gesamtbremsdrehmomentkontrollers 46, welcher zur Ausführung des Schrittes S19 bestimmt ist, eine erste Antiblockiersteuereinrichtung bildet, welche während des Aufbringens des regenerativen Bremsdrehmoments oder des Reibungsbremsdrehmoments betreibbar ist.

Bei der vorliegenden Ausführungsform wird die momentane Antiblockierbremssteuerung derart ausgeführt, daß die Druckerhöhungszeit, die Druckhaltezeit und die Zahl von Drucksteuerpulsen, welche einmal bei der normalen Antiblockierbremssteuerung bestimmt worden ist, kompensiert werden. Jedoch wird die momentane Antiblockierbremssteuerung derart ausgeführt, daß die endgültige Druckerhöhungszeit, die Druckhaltezeit und die Zahl von Drucksteuerpulsen auf der Grundlage von geeigneten Parametern wie dem vorausgehenden regenerativen Bremsdrehmomentwert, dem Beschleunigungswert des Fahrzeugs und dem Gleitbetrag des Fahrzeugs direkt bestimmt werden.

Während die momentane Antiblockierbremssteuerung derart strukturiert ist, daß der Gradient der Erhöhung des Bremszylinderdrucks in dem Druckerhöhungsbetriebsart höher wird als in der normalen Antiblockierbremssteuerung, kann der Gradient der Verringerung des Bremszylinderdrucks in der Druckverringerbetriebsart niedriger gemacht werden als bei der normalen Antiblockierbremssteuerung. Der Gradient des Erhöehens des Bremszylinderdrucks in der Druckerhöhungszeitsteuerungsunterbetriebsart, der Pulszahlerhöhungsunterbetriebsart und der Schwankungserhöhungsunterbetriebsart braucht nicht höher zu sein. D.h. der Gradient der Erhöhung ist in wenigstens einem der Erhöhungsunterbetriebsarten ist bei der momentanen Antiblockierbremssteuerung größer gebildet als bei der normalen Antiblockierbremssteuerung. Es wird ebenfalls festgestellt, daß die Bedingungen zur Beendigung der momentanen Antiblockierbremssteuerung nicht auf die oben angezeigten Bedingungen begrenzt sind. Beispielsweise kann die momentane Antiblockierbremssteuerung beendet werden, nachdem eine vorbestimmte Zahl von Druckerhöhungsoperationen beendet worden ist. Es wird des weiteren festgestellt, daß die Schritte S10 und S13 ausgelassen werden können, falls angenommen wird, daß die Bedingung zur Einleitung der Antiblockiersteuerung nicht gleichzeitig für sowohl die Vorderräder als auch die Hinterräder erfüllt wird. Es versteht sich, daß die Antiblockierbremssteuerung nicht auf die oben beschriebenen Details bezüglich der obigen Ausführungsform beschränkt ist.

Es versteht sich ebenfalls, daß die Konstruktion der hydraulischen Bremsvorrichtung und die Konstruktion der regenerativen Bremsvorrichtung nicht auf die Details der obigen Ausführungsform beschränkt sind. Die lineare Solenoidventilvorrichtung 56 kann eine Mehrzahl von solenoidbetriebenen Absperrventilen enthalten. Des weiteren kann die lineare Solenoidventilvorrichtung 56 für jedes Paar von Vorderrädern und Hinterrädern bereitgestellt werden. In diesem Fall ist es möglich, ein plötzliches Ansteigen des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Hinterräder 60, 62 zu verhindern, was erfolgen würde, wenn die Antiblockierbremssteuerung für wenigstens eines der Vorderräder 10, 12 bewirkt werden würde. Wenn der Elektromotor 28 für die zwei Vorderräder 10, 12 bei der obigen Ausführungsform bereitgestellt wird, kann jedes der Vorderräder 10, 12 mit dem Elektromotor 28 versehen werden. Wenn für die Vorderräder 10, 12 Trommelbremsen vorgesehen sind, kann ein Elektromotor mit der Trommel der Trommelbremse für jedes Vorderrad bereitgestellt werden. In diesem Fall reduziert sich der zum Installieren der Elektromotoren benötigte Raum. Der Elektromotor oder die Elektromotoren 28 können für die hinteren Antriebsräder bereitgestellt werden oder

für alle Antriebsräder eines Fahrzeugs mit vier Antriebsrädern. Des weiteren kann der Elektromotor oder die Elektromotoren 28 mit den Antriebsrädern eines Elektrofahrzeugs ohne einen Verbrennungsmotor vorgesehen werden.

Im folgenden wird ein Bremssystem zur Verwendung bei einem Elektrofahrzeug beschrieben, welches als zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung konstruiert ist.

Das vorliegende Bremssystem enthält wie in Fig. 5 dargestellt eine regenerative Bremsvorrichtung 298 und wie in Fig. 6 dargestellt eine hydraulisch betriebene Bremsvorrichtung 300.

Die regenerative Bremsvorrichtung 298 von Fig. 5 ist nahezu identisch zu der regenerativen Bremsvorrichtung 42 des Bremssystems der ersten Ausführungsform. Bei der vorliegenden Erfindung der regenerativen Bremsvorrichtung 298 ist jedoch die Vorrichtung zur Wandlung von elektrischer Energie 40 zur Steuerung der Motorsteuervorrichtung 42 angepaßt, so daß der Elektromotor 28 ein maximales regeneratives Bremsdrehmoment erzeugt. An diesem Ende ist der Ladekapazitätsdetektor 262 zum Erfassen des Ladezustands der Elektroenergiespeichervorrichtung 36 mit der Motorsteuervorrichtung 42 verbunden, und der Drucksensor 226 zum Erlangen des Gesamtsollbremsdrehmoments ist mit der Motorsteuervorrichtung 42 ebenso wie mit dem Kontroller für das hydraulische Bremsdrehmoment 360 der hydraulischen Bremsvorrichtung 300 verbunden. Jedoch braucht der Drucksensor 226 nicht mit der Motorsteuervorrichtung 42 verbunden werden. Wenn der Drucksensor 226 nicht mit dem Motorkontroller 42 verbunden ist, wird das Ausgangssignal des Drucksensors 226 nicht mit dem Motorkontroller 242 verbunden, und das Ausgangssignal des Drucksensors 226 der Motorsteuervorrichtung 42 wird durch den hydraulischen Bremsdrehmomentkontroller 360 aufgebracht.

Entsprechend Fig. 6 werden dieselben Bezugszeichen, wie sie in Fig. 2 verwendet werden, zur Identifizierung der Elemente der hydraulischen Bremsvorrichtung 300 verwendet, welche zu denen der hydraulischen Bremsvorrichtung 30 der ersten Ausführungsform identisch sind. Eine redundante Beschreibung dieser Elemente wird nicht vorgesehen.

Bei der hydraulischen Bremsvorrichtung 300 werden die hydraulischen Pulscontroller 302, 304 für die Vorderräder bzw. Hinterräder anstelle der linearen Solenoidventilvorrichtung 56 vorgesehen. Zusätzlich wird eine Vorderradbremssdruckerhöhungsvorrichtung 306 zum Erhöhen des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Vorderräder 10, 12 durch Aufbringen des Fluiddrucks der Druckkammer 74 auf die Radbremszylinder 32, 34 der Vorderräder 10, 12 bereitgestellt. Des weiteren werden Richtungssteuerventile 308, 310 anstelle der solenoidbetriebenen Absperrventile 90, 92 bereitgestellt. Diese Richtungssteuerventile 308, 310 sind normalerweise in ihre erste Position zum Verbinden der Radbremszylinder 32, 34 mit dem Hydraulikdruckkontroller 302 und zum Trennen der Radbremszylinder 32, 34 von der Druckkammer 74 gesetzt. Wenn eine Antiblockierbremssteuerung für die Radbremszylinder 32, 34 eingeleitet wird, werden die Richtungssteuerventile 308, 310 in ihre zweite Position zum Verbinden der Radbremszylinder 32, 34 mit der Druckkammer 74 und zum Trennen der Radbremszylinder 32, 34 von der Drucksteuervorrichtung 302 umgeschaltet. Der Fluiddruck der Druckkammer 74 wird dazu verwendet, die Antiblockiersteuerung zur Steuerung der hydraulischen Bremsdrehmomentwerte (Radbremszylinderdrücke) für alle Räder 10, 12, 60, 62 zu bewirken. D.h. der Fluiddruck des Druckspeichers 86 der Quelle für konstanten hydraulischen Druck 70, welche mit der Druckkammer 74 verbunden ist, wird für die Antiblockierbremssteuerung aller



Räder 10, 12, 60, 62 verwendet.

Die hydraulische Steuervorrichtung 302 ist zwischen der Druckkammer 72 und den Radbremszylindern 32, 34 vorgesehen. Die hydraulische Steuervorrichtung 302 enthält solenoidbetriebene Absperrventile 320, 322, ein Proportionalventil 324, Druckkennspannungsventile 326, 328 und einen Drucksensor 330. Die zwei solenoidbetriebenen Absperrventile 320, 322, das Proportionalventil 324 und das Druckkennspannungsventil 326, dessen Öffnungsdruckdifferenz größer als diejenige des anderen Druckkennspannungsventils 328 ist, sind parallel miteinander verbunden. Das solenoidbetriebene Absperrventil 322 und das Druckkennspannungsventil 328, welche die größere Öffnungsdruckdifferenz besitzen, sind in Serie miteinander verbunden.

Wenn sich das solenoidbetriebene Absperrventil 320 in einem geöffneten Zustand befindet, wird das unter Druck gesetzte Fluid der Druckkammer 72 des Hauptzylinders 68 den Radbremszylindern 32, 34 durch das solenoidbetriebene Absperrventil 320 zugeführt. Der Fluiddruck in den Radbremszylindern 32, 34 erhöht sich entlang einer durchgezogenen Linie a in Fig. 7 mit einem Erhöhen des Hauptzylinderdrucks. Wenn das solenoidbetriebene Absperrventil 320 sich in einem geschlossenen Zustand befindet, wird das unter Druck gesetzte Fluid der Druckkammer 72 den Radbremszylindern 32, 34 durch das Proportionalventil 324 zugeführt. In diesem Fall erhöht sich der Radbremszylinderdruck entlang einer gestrichelten Linie b in Fig. 7. D.h. der Fluiddruck des Hauptzylinders 68 wird durch das Proportionalventil 68 reduziert, so daß der reduzierte Fluiddruck auf die Radbremszylinder 32, 34 aufgebracht wird. Als Ergebnis erhöht sich die Druckdifferenz zwischen dem Hauptzylinder 68 und den Radbremszylindern 32, 34, und es wird das Druckkennspannungsventil 328 geöffnet, wenn diese Druckdifferenz die Öffnungsdruckdifferenz PL des Druckkennspannungsventils 328 erreicht hat. Folglich wird das unter Druck gesetzte Fluid des Hauptzylinders 68 den Radbremszylindern 32, 34 durch das Druckkennspannungsventil 328 und das solenoidbetriebene Absperrventil 322 zugeführt, so daß sich der Radbremszylinderdruck entlang einer mit einem Punkt gestrichelten Linie c in Fig. 7 erhöht. Wenn das solenoidbetriebene Absperrventil 322 ebenso wie das solenoidbetriebene Absperrventil 320 in einem geschlossenen Zustand befinden, erhöht sich der Radbremszylinderdruck entlang der gestrichelten Linie b, und es wird das Druckkennspannungsventil 326 geöffnet, wenn die Druckdifferenz zwischen dem Hauptzylinder 68 und den Radbremszylindern 32, 34 die Öffnungsdruckdifferenz PH des Druckkennspannungsventils 326 erreicht hat (welche größer als die Öffnungsdruckdifferenz PL ist). Folglich wird das unter Druck gesetzte Fluid den Radbremszylindern 32, 34 durch das Druckkennspannungsventil 326 zugeführt. In diesem Fall erhöht sich der Radbremszylinderdruck entlang einer mit zwei Punkten gestrichelten Linie d entsprechend Fig. 7.

Der Fluiddruck in den Radbremszylindern 32, 34 kann durch Öffnen und Schließen der solenoidbetriebenen Absperrventile 320, 322 in dem Hydraulikdruckkontroller 302 gesteuert werden. Bei der vorliegenden Ausführungsform jedoch wird das solenoidbetriebene Absperrventil 322 in dem geschlossenen Zustand gehalten, so daß sich der Fluiddruck in den Radbremszylindern 32, 34 entlang der Linie a oder der gestrichelten Linie b und der mit zwei Punkten gestrichelten Linie d ändert. D.h. der Radbremszylinderdruck ändert sich entlang der durchgezogenen Linie a, wenn das solenoidbetriebene Absperrventil 320 in den geöffneten Zustand versetzt wird, und entlang der gestrichelten Linie b und der mit zwei Punkten gestrichelten Linie d, wenn das Absperrventil 320 in den geschlossenen Zustand

versetzt, wenn das regenerative Bremsdrehmoment nicht auf die Vorderräder 10, 12 aufgebracht wird, und wird in den geschlossenen Zustand versetzt, wenn das regenerative Bremsdrehmoment auf die Vorderräder 10, 12 aufgebracht wird. Das Absperrventil 320 wird entsprechend einem Steuerprogramm zur Steuerung des Bremssystems in der Kooperationssteuerbetriebsart gesteuert.

Der Hydraulikdruckkontroller 304, welcher ähnlich ist wie der Hydraulikdruckkontroller 302, enthält das solenoidbetriebene Absperrventil 320, das Proportionalventil 324 und das Druckkennspannungsventil 326, welche oben bezüglich des Hydraulikdruckkontrollers 302 beschrieben worden sind. Jedoch enthält der Hydraulikdruckkontroller 304 nicht das solenoidbetriebene Absperrventil 322 und das Druckkennspannungsventil 328, welche in dem Hydraulikdruckkontroller 302 enthalten sind. Der Fluiddruck in den Radbremszylindern 64, 66 für die Hinterräder 60, 32 kann sich entlang der durchgezogenen Linie a oder der gestrichelten Linie b und der mit zwei Punkten gestrichelten Linie d erhöhen. Bei der vorliegenden Ausführungsform jedoch wird das solenoidbetriebene Absperrventil 320 in dem geöffneten Zustand gehalten, so daß der Fluiddruck in den Hinterradbremszylindern 64, 66 sich entlang der durchgezogenen Linie a erhöhen kann.

Die Vorderradbremssdruckervorrichtung 306 enthält ein solenoidbetriebenes Absperrventil 340, einen Trennzylinder 342 und ein Prüfventil 344. Die Druckkammer 74 ist mit einer Fluidkammer 346 verbunden, und der Hydraulikdruckkontroller 302 und die Vorderradbremsszylinder 32, 34 sind mit der anderen Fluidkammer 348 des Trennzylinders 342 verbunden. Der Trennzylinder 342 enthält einen Trennkolben, welcher in einem Gehäuse gleitend aufgenommen ist, und zwei Abdichtungs- bzw. Verschlussteile in Form von O-Ringen 352, 354, welche auf der äußeren Umfangsoberfläche des Trennkolbens 350 an axial voneinander getrennten Positionen davon angepaßt sind. Die O-Ringe 352, 354 stellen eine Fluiddichtigkeit zwischen dem Trennkolben 350 und dem Gehäuse des Trennzylinders 342 her. Die Bohrung des Trennzylinders 323 ist an einer Position zwischen den zwei O-Ringen 352, 354 mit dem Hauptbehälter 84 durch einen Fluiddurchgang 356 verbunden, so daß eine Beschädigung oder ein übermäßiger Gebrauch des O-Rings 352, 354 wie unten geschrieben ertastet werden kann.

Wenn das solenoidbetriebene Absperrventil 340 in den geschlossenen Zustand versetzt wird, wird das Fluid, dessen Druck durch den Hydraulikdruckkontroller 302 gesteuert wird, den Radbremszylinder 32, 34 durch die Fluidkammer 348 zugeführt. Wenn das Absperrventil 340 sich in dem geöffneten Zustand befindet, wird der Fluiddruck der Druckkammer 74 der Fluidkammer 346 aufgebracht und der Fluidkammer 348 durch den Trennkolben 350 übertragen. Es wird nämlich das Volumen der Fluidkammer 348 reduziert, so daß sich der Fluiddruck in den Radbremszylindern 32, 34 entsprechend erhöht.

Wie in Fig. 7 dargestellt wird der Fluiddruck in den Radbremszylindern 32, 34 in Beziehung zu dem Hauptzylinderdruck bestimmt. Daher kann sich der Fluiddruck in den Radbremszylindern 32, 34 nicht alleine erhöhen. Unter bestimmten Bedingungen wird verlangt, daß sich das hydraulische Bremsdrehmoment für die Vorderräder 10, 12 erhöht. In diesem Fall wird der Fluiddruck in der Druckkammer 74 zu einem Erhöhen des Fluiddrucks in den Radbremszylindern 32, 34 verwendet.

Entsprechend dem Flußdiagramm von Fig. 9 werden Schritte S51 und S52 ausgeführt, um zu bestimmen, ob die regenerative Bremssteuerung möglich ist und ob das Bremsdrehmoment für die Vorderräder benötigt wird. Der Schritt

S51 wird vorgesehen, um zu bestimmen, ob das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment durch die regenerative Bremsvorrichtung wie unten beschrieben gestattet wird oder nicht. Normalerweise wird die Steuerung des aktuellen regenerativen Bremsdrehmoments gestattet. Jedoch wird diese Steuerung verhindert, wenn das geforderte regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht werden soll, beispielsweise wenn die Antiblockierbremssteuerung für die Antriebsräder (Fronträder 10, 12) bewirkt wird. Es wird verlangt, daß dann, während die Steuerung des aktuellen regenerativen Bremsdrehmoments gestattet wird, das Bremsdrehmoment für die Vorderräder zu erhöhen ist, wenn das Gesamtbremsdrehmoment infolge einer Reduzierung des regenerativen Bremsdrehmoments, welches beispielsweise auf die Vorderräder aufgebracht wird, unzulänglich wird.

Wenn die Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments gestattet wird und verlangt wird, daß das regenerative Bremsdrehmoment erhöht wird, wird ein Schritt S53 ausgeführt, um das solenoidbetriebene Absperrventil 340 in den geöffneten Zustand zu versetzen. In diesem Fall wird der Fluiddruck der Druckkammer 74 der Fluidkammer 346 des Trennzylinders 342 auf der Seite der Hinterräder 60, 62 und der Fluiddruck den Vorderradbremssylindern 32, 34 zugeführt. Diese Operation der Umschaltung des Absperrventils 340 in den geöffneten Zustand kann als "dynamische Druckeinführungssteuerung" bezeichnet werden. Es wird ein Schritt S54 vorgesehen, um zu bestimmen, ob der Radbremszylinderdruck im wesentlichen gleich ist dem Hauptzylinderdruck ist. Wenn in dem Schritt S54 eine positive Bestimmung (JA) erzielt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S55, bei welchem das Absperrventil 340 geschlossen wird, während das Absperrventil 320 des Hydraulikdruckkontrollers 302 für die Hinterräder 10, 12 geöffnet wird. Danach wird der Radbremszylinderdruck im wesentlichen gleich dem Hauptzylinderdruck gehalten. Der Hauptzylinderdruck wird durch den Drucksensor 226 erfaßt, während der Radbremszylinderdruck durch den Drucksensor 330 erfaßt wird.

Wenn das solenoidbetriebene Absperrventil 340 in den geöffneten Zustand umgeschaltet wird, falls das Bremssystem sich in einem durch Punkt P in Fig. 7 angezeigten Zustand befindet, erhöht sich der Fluiddruck P<sub>wc</sub> in den Radbremszylindern 32, 34. Das Absperrventil 340 wird in dem geöffneten Zustand gehalten, bis der Vorderradbremsszylinderdruck P<sub>wc</sub> den Hauptzylinderdruck P<sub>mc</sub> erreicht hat (durch Punkt Q in Fig. 7 angezeigt). D.h. das Absperrventil wird in den geschlossenen Zustand umgeschaltet, wenn der Vorderradbremsszylinderdruck P<sub>wc</sub> sich auf den Hauptzylinderdruck P<sub>mc</sub> erhöht hat. Wenn das Bremspedal 56 darauf folgend niedergedrückt wird, d. h. wenn die auf das Bremspedal 76 wirkende Druckkraft erhöht wird, erhöht sich der Hauptzylinderdruck P<sub>mc</sub> auf einen Wert, welcher durch Punkt R angezeigt wird, während der Fluiddruck P<sub>wc</sub> in den Radbremszylindern 32, 34 konstant gehalten wird. Ein weiteres Erhöhen der Druckkraft veranlaßt, daß sich der Radbremszylinderdruck P<sub>wc</sub> und der Hauptzylinderdruck P<sub>mc</sub> entlang der mit zwei Punkten gestrichelten Linie d ändern.

Es ist nicht unbedingt nötig, daß das solenoidbetriebene Absperrventil 340 in dem geöffneten Zustand gehalten wird, bis der Radbremszylinderdruck den Hauptzylinderdruck erreicht hat. Es kann nämlich das Absperrventil 340 in den geschlossenen Zustand umgeschaltet werden, wenn der Radbremszylinderdruck sich auf einen vorbestimmten Wert erhöht hat, beispielsweise auf einen durch Punkt Q' in Fig. 7 angezeigten Wert. Wenn die Druckkraft, welche auf das Bremspedal 76 wirkt, erhöht wird, erhöht sich der Hauptzylinderdruck P<sub>mc</sub> auf einen durch Punkt R angezeigten Wert. Ein weiteres Erhöhen der Druckkraft, welche auf das Brem-

spedal 76 wirkt, veranlaßt die Erhöhung des Radbremszylinderdrucks und des Hauptzylinderdrucks entlang der gestrichelten Linie b.

Bei dem vorliegenden Bremssystem, bei welchem wie oben beschrieben das Bremsdrehmoment für die Vorderräder erhöht wird, können die O-Ringe 352, 254 bezüglich einer Zerstörung oder einer übermäßigen Benutzung bei Vorhandensein des Fluiddurchgangs 356 überprüft werden, welcher den Hauptbehälter 84 mit einem axialen Teil der Bohrung des Trennzylinders 342 zwischen den zwei O-Ringen 352, 354 verbindet.

Im Falle einer Beschädigung des O-Rings 352 an der Seite der Radbremszylinder 32, 34 entläßt sich das Fluid in dem Fluiddurchgang 80 in den Hauptbehälter 84 durch den O-Ring 354 und den Fluiddurchgang 356. In diesem Fall kann der Fluiddruck in den Radbremszylindern 32, 34 nicht erhöht werden, so daß diese Anomalie durch den Fahrzeugbediener erkannt werden kann. Jedoch können die Hinterradbremsszylinder 62, 64 normal betrieben werden.

In dem Fall einer Beschädigung des O-Rings 354 an der Seite des Hauptzylinders 68 wird das Fluid in der Fluidkammer 346 in den Hauptbehälter 84 durch den O-Ring 354 und den Fluiddurchgang 356 freigesetzt, und es kann der Fluiddruck in den Radbremszylindern 32, 34 sogar dann nicht erhöht werden, wenn das solenoidbetriebene Absperrventil 340 in den geöffneten Zustand in dem Schritt S53 umgeschaltet wird. Daher kann sich der Radbremszylinderdruck P<sub>mc</sub> sich nicht auf den Hauptzylinderdruck P<sub>mc</sub> innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer ändern, nachdem das Absperrventil 340 in den geöffneten Zustand umgeschaltet worden ist. Als Ergebnis wird in dem Schritt S56 eine positive Bestimmung (JA) erzielt, und der Steuerfluß begibt sich zu dem Schritt S55, bei welchem das Absperrventil 340 geschlossen wird, während das Absperrventil 320 geöffnet wird, so daß das Fluid von der Druckkammer 72 den Radbremszylindern 32, 34 zugeführt wird, wodurch veranlaßt wird, daß sich das Bremspedal 76 automatisch auf die vollständig niedergedrückte Position zu bewegt. Diese abnorme Bewegung des Bremspedals 68, welche durch eine Beschädigung des O-Rings 354 der Vorderradbremsszylindererhöhungsvorrichtung 306 hervorgerufen wird, kann durch den Fahrzeugbediener erkannt werden.

Somit ermöglicht das vorliegende Bremssystem, bei welchem der Trennzylinder 43 an seiner Position zwischen den zwei O-Ringen 352, 354 mit der Niederdruckquelle in Form des Hauptbehälters 54 verbunden ist, dem Fahrzeugbediener eine Beschädigung des O-Rings 352, 354 zu erkennen, d. h. eine Anomalie der Vorderradbremsszylindererhöhungsvorrichtung 306, wodurch eine verbesserte Sicherheit des Bremssystems sichergestellt wird.

Das Prüfventil 344 verhindert einen Fluß des Treibmittels in Richtung von dem Hauptzylinder 68 auf den Trennkolben 342 zu und ermöglicht einen Fluß des Fluids in die entgegengesetzte Richtung. Wenn das Bremspedal 76 auf die vollständig freigesetzte bzw. ausgelöste Position betätigt worden ist, ermöglicht es das Prüfventil 344, daß das Fluid rasch aus der Fluidkammer 346 zu dem Hauptzylinder 68 zurückkehrt.

Ähnlich wie dem Gesamtbremsdrehmomentkontroller 46 ist der Hydraulikbremsdrehmomentkontroller 360 prinzipiell durch einen Computer gebildet, welcher ein ROM enthält, das verschiedene Tabellen und verschiedene Steuerprogramme wie ein Steuerprogramm zur Steuerung des Bremssystems in der Kooperationssteuerbetriebsart, ein Hydraulikbremsdrehmomentsteuerprogramm, welches in dem Flußdiagramm von Fig. 8 erläutert ist, ein normales Antiblockierbremssteuerprogramm, ein momentanes Antiblockierbremssteuerprogramm und ein Steuerprogramm wie im



Flußdiagramm von Fig. 9 erläutert zur Steuerung der Vorderradbremssdruckerrhöhungsvorrichtung 306 speichert.

Der Hydraulikbremsdrehmomentkontroller 360 und die Motorsteuervorrichtung 42 sind zur Datenübertragung untereinander verbunden. Bei der vorliegenden zweiten Ausführungsform führt der Hydraulikbremsdrehmomentkontroller 360 der Motorsteuervorrichtung 42 keine Informationen zu, welche das regenerative Sollbremsdrehmoment darstellen, sondern führt der Motorsteuervorrichtung 42 Informationen zum Verhindern, daß die Motorsteuervorrichtung 42 das regenerative Bremsdrehmoment steuert, und Informationen zu, welche es der Motorsteuervorrichtung 42 ermöglichen, das regenerative Bremsdrehmoment zu steuern. Demgegenüber führt die Motorsteuervorrichtung 42 dem Hydraulikbremsdrehmomentkontroller 340 eine Information zu, welche das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment darstellt. Diese Information liegt in Form von EIN/AUS-Signalen vor, welche anzeigen, ob das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment kleiner oder nicht kleiner als ein vorbestimmter Wert ist. D.h. das Signal EIN zeigt an, daß das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment gleich oder größer als ein vorbestimmter Wert ist, während das Signal AUS anzeigt, daß das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment kleiner als der vorbestimmte Wert ist.

Im folgenden wird ein Betrieb des Fahrzeugbremssystems beschrieben, welches wie oben beschrieben konstruiert ist.

Wenn das Bremspedal 76 niedergedrückt wird, wird das Treibmittel in den zwei Druckkammern 72, 74 des Hauptzylinders 68 auf den im wesentlichen gleichen Pegel unter Druck gesetzt. In diesem Zustand befinden sich die verschiedenen solenoidbetriebenen Absperrventile und Richtungssteuerventile 308, 310 in den Zuständen von Fig. 6. Wenn das regenerative Bremsdrehmoment gleich null ist, wird der Hydraulikdruckkontroller 302 in einen Zustand versetzt, bei welchem das solenoidbetriebene Absperrventil 320 offengehalten wird, während das solenoidbetriebene Startventil 320 geschlossen gehalten wird. Das unter Druck gesetzte Fluid der Druckkammer 72 wird durch den Hydraulikdruckkontroller 302 den Vorderradbremsszylinder 32, 34 zugeführt, während das unter Druck gesetzte Fluid der Druckkammer 74 durch den Hydraulikdruckkontroller 304 den Hinterradbremsszylindern 64, 66 zugeführt wird.

Wenn das wenigstens auf eines der Fahrzeugräder 10, 12, 60, 62 aufgebrachte Gesamtbremsdrehmoment größer als eine obere Grenze entsprechend dem Reibungskoeffizienten der Straßenoberfläche wird, wird die Antiblockierbremssteuerung eingeleitet. Bei der Antiblockierbremssteuerung wird das hydraulische Bremsdrehmoment, welches jedem unter Steuerung stehenden Rad aufzubringen ist, derart gesteuert, daß der Gleitbetrag jedes Rads innerhalb eines optimalen Bereichs gehalten wird.

Wenn die Antiblockierbremssteuerung für wenigstens eines der Vorderräder 10, 12 bewirkt wird, werden die Richtungssteuerventile 308, 310 in ihre zweite Position zur Verbindung der Radbremsszylinder 32, 34 mit der Druckkammer 74 umgeschaltet. Wenn ein (unten beschriebener) Zustand zum Verhindern der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung erfüllt wird, wird der Motorsteuervorrichtung 42 die oben angezeigte Information zur Verhinderung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung zugeführt, so daß das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht wird und die momentane Antiblockierbremssteuerung für die Vorderräder 10, 12 bewirkt wird. Zu diesem Zeitpunkt verbleibt jedoch der Hydraulikdruckkontroller 304 für die Hinterräder 60, 62 in demselben Zustand, und das hydraulische Bremsdrehmoment (Gesamtbremsdrehmoment) der Hinterräder 60, 62 wird nicht rasch erhöht. Da-

her ist anders als die erste Ausführungsform die vorliegende zweite Ausführungsform nicht für eine Ausführung der Steuerung zur langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments des Hinterrads (Hinterradgradientenbeschränkungssteuerung) angepaßt.

Wenn die Antiblockierbremssteuerung für wenigstens eines der Hinterräder 60, 62 vor der Einleitung der Antiblockierbremssteuerung für wenigstens eines der Vorderräder 10, 12 eingeleitet wird, werden die Fluiddrücke in den Hinterradbremsszylindern 64, 66 durch die normale Antiblockierbremssteuereinrichtung gesteuert. In dem Fall, bei welchem wenigstens eines der Hinterräder der Antiblockierbremssteuerung vor den Vorderrädern unterworfen wird, wird das regenerative Bremsdrehmoment nicht auf null gebracht, so daß der Hydraulikdruckkontroller 302 in demselben Zustand verbleibt und das hydraulische Bremsdrehmoment der Vorderräder 10, 12 nicht rasch erhöht wird. Daher wird die Steuerung zum langsamen Erhöhen des hydraulischen Bremsdrehmoments des Vorderrades (Vorderradgradientenbeschränkungssteuerung) jeweils nicht ausgeführt. Während die normale Antiblockierbremssteuerung für das Hinterrad oder die Hinterräder bewirkt wird, werden die Richtungssteuerventile 308, 310 in den ursprünglichen Positionen gehalten.

Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform ist die zweite Ausführungsform dahingehend angepaßt, daß die momentane Antiblockierbremssteuerung für die Vorderräder, welche die Antriebsräder sind, und nicht für die Hinterräder bewirkt wird. Es wird festgestellt, daß das Bereitstellen der zwei Hydraulikdruckkontroller 302, 304 für die jeweiligen Vorderrad- und Hinterradpaare das Erfordernis zur Beschränkung der Raten oder Gradienten der Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments für die Vorder- und Hinterräder aufhebt, d. h. die Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments des Vorderrads und die Steuerung der langsamen Erhöhung des hydraulischen Bremsdrehmoments des Hinterrads aufhebt.

Die normale Antiblockierbremssteuerung wird eingeleitet, wenn die Einleitungsbedingung erfüllt wird, und wird beendet, wenn die Beendigungsbedingung erfüllt wird. Die Einleitungs- und Beendigungsbedingungen der normalen Antiblockierbremssteuerung sind dieselben wie diejenigen, welche bezüglich der ersten Ausführungsform verwendet werden.

Die Wahl der Druckverringeringsbetriebsart, der Druckhaltebetriebsart und der Unterbetriebsarten der Druckerhöhungsbetriebsart sind ebenfalls dieselben wie bei der ersten Ausführungsform.

Wenn die Druckverringeringsbetriebsart gewählt wird, wird die Druckverringeringzeit auf der Grundlage von geeigneten Parametern die der geschätzten Laufgeschwindigkeit des Fahrzeugs, dem Verzögerungswert des Rads und dem Straßenoberflächenzustand bestimmt. Die Druckverringeringzeit wird durch ein Verringern der geschätzten Fahrzeuglaufgeschwindigkeit und mit einem Erhöhen des Fahrzeugverzögerungswerts erhöht. Des weiteren wird die Druckverringeringzeit erhöht, wenn sich der Straßenoberflächenzustand verschlechtert und sich der Reibungskoeffizient der Straßenoberfläche verringert.

Die Druckerhöhungsbetriebsart beinhaltet die Druckerhöhungszeitsteuerungsunterbetriebsart, die Pulszählerhöhungsunterbetriebsart und die Schwankungserhöhungsunterbetriebsart wie bei der ersten Ausführungsform. Wenn die Druckerhöhungszeitsteuerungsunterbetriebsart gewählt wird, wird die Druckerhöhungszeit auf der Grundlage von geeigneten Parametern wie einem Spitzenwert der Radbeschleunigung als Ergebnis der vorausgehenden Druckverringeringsoperation, der kumulativen Druckverringeringso-

zeit, dem Straßenoberflächenzustand, den Fluiddruck in dem Druckspeicher 86 und der Radgeschwindigkeit bestimmt. Der Spitzenwert der Radbeschleunigung ist der maximale Wert der Radbeschleunigung während der vorausgehenden Periode der Druckverringerung, welche durch die Wahl der Druckerhöhungsunterbetriebsart beendet wird. Die Druckerhöhungszeit wird mit einem Erhöhen des Spitzenwerts der Radbeschleunigung und mit einem Erhöhen der kumulativen Druckverringerungszeit erhöht. Die Druckerhöhungszeit wird erhöht, wenn sich der Reibungskoeffizient der Straßenoberfläche verringert und wenn sich der Straßenoberflächenzustand verschlechtert. Des weiteren wird die Druckerhöhungszeit reduziert, wenn der Fluiddruck in dem Druckspeicher 86 kleiner als eine vorbestimmte untere Grenze ist, nämlich wenn die Quelle für konstanten hydraulischen Druck 70 abnorm arbeitet oder defekt ist. Der Fluiddruck des Druckspeichers 86, welcher kleiner als die untere Grenze ist, wird auf der Grundlage der Ausgangssignale des Druckschalters 88 erfaßt. Die Druckerhöhungszeit wird ebenfalls reduziert, wenn ein Nachlaufzustand der Radgeschwindigkeit erfaßt wird, und kann auf null gebracht werden, wenn der Grad des Nachlaufens besorgniserregend groß ist, so daß das Nachlaufen reduziert oder aufgehoben wird. Wie bei der ersten Ausführungsform ist die Zykluszeit der Druckerhöhungszeitsteuerung, welche sich aus der Druckerhöhungszeit und der Druckhaltezeit zusammensetzt, eine vorbestimmte Konstante, so daß die Druckhaltezeit automatisch durch die vorbestimmte Druckerhöhungszeit bestimmt wird. Der Radbremszylinderdruck wird für die somit bestimmten Druckerhöhungs- und Haltezeiten erhöht und konstant gehalten.

Der Nachlaufzustand der Radgeschwindigkeit wird auf der Grundlage des Antiblockierbremssteuerzustands geschätzt. D.h. es wird das Nachlaufen des Rads geschätzt, falls die Zahl der Steuerpulse auf die zweite Wahl der Pulszählerhöhungsunterbetriebsart, auf welche eine Druckverringerungsoperation und eine Druckerhöhungsoperation folgt, kleiner als ein vorbestimmter Wert ist. In diesem Fall wird davon ausgegangen, daß sich die Antiblockierbremssteuerbetriebsart von der Pulszählerhöhungsunterbetriebsart in eine andere Betriebsart geändert hat, nachdem der Radbremszylinderdruck einmal mit der vorbestimmten Zahl von Steuerpulsen in der Pulszählerhöhungsunterbetriebsart erhöht wurde. Wenn der Nachlaufzustand der Radgeschwindigkeit somit erfaßt wird, wird die Druckerhöhungszeit reduziert, um das Nachlaufen zu reduzieren oder aufzuheben. Diese Reduzierung der Druckerhöhungszeit zur Reduzierung des Radgeschwindigkeitsnachlaufens wird nicht bewirkt, falls eine der folgenden Bedingungen erfüllt wird: wenn die Zahl der Steuerpulse in der Pulszählerhöhungsunterbetriebsart größer als der vorbestimmte Wert ist; wenn die Antiblockierbremssteuerung nicht bewirkt wird; wenn die momentane Antiblockierbremssteuerung nicht bewirkt wird; wenn das Rad sich auf einem abgestuften Teil der Straßenoberfläche befindet; und wenn der Straßenoberflächenzustand sehr schlecht ist. Somit wird die Steuerung zur Reduzierung des Radgeschwindigkeitsnachlaufens nicht bewirkt, während die momentane Antiblockierbremssteuerung bewirkt wird, und sie wird lediglich dann bewirkt, wenn die normale Antiblockierbremssteuerung bewirkt wird. Es versteht sich, daß das Radgeschwindigkeitsnachlaufen zur Bestimmung dahingehend überwacht wird, ob die Steuerung zur Reduzierung des Radgeschwindigkeitsnachlaufens (d.h. die Reduzierung der Druckerhöhungszeit) nötig ist oder nicht.

Wenn die Pulszählerhöhungsunterbetriebsart gewählt wird, werden die Druckerhöhungszeit und die Druckhaltezeit auf der Grundlage geeigneter Parameter wie dem Gleit-

verhältnis und dem Beschleunigungswert des Rads, dem Straßenoberflächenzustand und dem Fluiddruck in dem Druckspeicher 86 bestimmt. Das Gleitverhältnis wird erzielt, wobei der Fahrzeugdrehzustand berücksichtigt wird.

Das Verhältnis der Druckerhöhungszeit zur Druckverringerungszeit wird mit einem Ansteigen des Radgleitverhältnisses reduziert und mit einem Ansteigen des Radbeschleunigungswerts erhöht. Des weiteren wird das Verhältnis der Druckerhöhungszeit mit einem Ansteigen des Reibungskoeffizienten der Straßenoberfläche erhöht und wird erhöht, wenn das Rad sich auf einem abgestuften Teil der Straßenoberfläche befindet. Das Verhältnis der Druckerhöhungszeit wird mit einer Verringerung des Fluiddrucks in dem Druckspeicher 86 reduziert.

Die momentane Antiblockierbremssteuerung enthält eine regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung und eine regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungssteuerung. Wenn die Druckverringerungsbetriebsart gewählt wird, während sich das Bremssystem in einem Zustand befindet, bei welchem die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung zugelassen wird, wird der Radbremszylinderdruck entsprechend der regenerativen Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung verringert. Wenn die Druckverringerungsbetriebsart gewählt wird, während das Bremssystem in einen Zustand versetzt wird, bei welchem die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung verhindert wird, wird der Radbremszylinderdruck wie bei der normalen Antiblockierbremssteuerung verringert. Wenn die Druckerhöhungsbetriebsart gewählt wird, während sich das Bremssystem in einem Zustand befindet, bei welchem die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungssteuerung zugelassen wird, wird der Radbremszylinderdruck entsprechend der regenerativen Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungssteuerung erhöht. Wenn die Druckerhöhungsbetriebsart gewählt wird, während das Bremssystem sich in einem Zustand befindet, bei welchem die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungssteuerung verhindert wird, wird der Radbremszylinderdruck wie bei der normalen Antiblockierbremssteuerung erhöht.

Die vorliegende Ausführungsform ist des weiteren zur Bestimmung eingerichtet, ob ein Zustand zum Verhindern der Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments, welches durch die regenerative Bremsvorrichtung 298 erzeugt wird, erfüllt wird oder nicht. Wenn diese Verhinderungsbedingung erfüllt wird, wird der regenerativen Bremsvorrichtung 298 die Information zur Verhinderung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung zugeführt, so daß das regenerative Bremsdrehmoment auf null gebracht wird. Bei der vorliegenden zweiten Ausführungsform wird die momentane Antiblockierbremssteuerung bewirkt, wenn die Bedingung zur Verhinderung der Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments erfüllt wird. In diesem Sinne wird davon ausgegangen, daß diese Verhinderungsbedingung die Bedingung zur Verhinderung der momentanen Antiblockierbremssteuerung ist.

Die Bedingung zur Verhinderung der Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments wird erfüllt, wenn der Fluiddruck in dem Druckspeicher 86 nicht niedriger als eine vorbestimmte untere Grenze ist (wenn die Quelle für konstanten hydraulischen Druck 70 normal ist) und wenn die Antiblockierbremssteuereinleitungsbedingung für wenigstens eines der Vorderräder 10, 12 erfüllt wird, während die Betätigungsgeschwindigkeit des Bremspedals 76 vergleichsweise niedrig ist. Mit anderen Worten, die Bedingung zur Verhinderung der Steuerung des regenerativen Bremsdreh-

moments wird nicht erfüllt und die momentane Antiblockierbremssteuerung nicht bewirkt, sogar wenn die Antiblockierbremssteuerungseinleitungsbedingung für wenigstens eines der nicht angetriebenen Hinterräder 60, 62 erfüllt wird.

Die Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments wird zugelassen, wenn die Antiblockierbremssteuerbeendigungsbedingung erfüllt wird, wenn der Fluiddruck in dem Druckspeicher 86 niedriger als die untere Grenze ist oder wenn der Hydraulikbremsdrehmomentkontroller 360 defekt ist, während sogar das Bremssystem sich in dem Zustand der Verhinderung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung befindet. Die Energieeffizienz kann durch Zulassen der Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments verbessert werden, während die Antiblockierbremssteuerung nicht bewirkt wird. Die oben angezeigten drei Bedingungen können als Bedingungen zum Zulassen der Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments angesehen werden.

Normalerweise wird die Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments durch die regenerative Bremsvorrichtung 298 zugelassen. Diese Steuerung wird verhindert, wenn die oben angezeigte Bedingung zur Verhinderung der Steuerung erfüllt wird. Sogar wenn die Bedingung zur Verhinderung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung erfüllt wird, wird die Verhinderung dieser Steuerung aufgehoben, und es wird die Steuerung zugelassen, falls eine der oben angezeigten drei Zulassungsbedingungen erfüllt wird.

Bei der regenerativen Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung wird die Druckverringerungszeit kürzer als die normale Druckverringerungsbetriebsart gemacht, so daß die Rate der Verringerung des Radbremszylinderdrucks reduziert wird. Die Druckverringerungszeit wird durch einen Kompensationsbetrag reduziert, welcher sich mit einem Erhöhen des Zeitverstreichens nach der Einleitung der momentanen Antiblockierbremssteuerung verringert (mit einem Erhöhen der Zeitdauer der momentanen Antiblockierbremssteuerung). Das aktuelle regenerative Bremsdrehmoment kann nicht auf null gebracht werden, unmittelbar nachdem die Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments verhindert wird. D.h. es wird eine bestimmte Zeitdauer für das regenerative Bremsdrehmoment benötigt, um auf null gebracht zu werden. Mit anderen Worten, es wird das regenerative Bremsdrehmoment mit einem Ansteigen der Zeitdauer der momentanen Antiblockiersteuerung verringert, so daß der Einfluß des regenerativen Bremsdrehmoments entsprechend mit dem Ansteigen der oben angezeigten Zeitdauer reduziert wird. Im Hinblick darauf wird der Kompensationsbetrag mit der Zeitdauer der momentanen Antiblockierbremssteuerung reduziert, so daß die regenerative

Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung im Hinblick auf die normale Druckverringerungsbetriebsart modifiziert wird. Die Druckverringerungszeit kann ebenfalls durch Wahl einer Schwankungsverringerungsbetriebsart oder Druckhaltebetriebsart reduziert werden. Diese Schwankungsverringerungsbetriebsart und Druckhaltebetriebsart kann gewählt werden, wenn der Druckverringerungswert nicht so hoch ist.

Normalerweise wird die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung zugelassen (die momentane Antiblockierbremssteuerung). Diese Steuerung wird verhindert, wenn eine Bedingung zur Verhinderung der Steuerung erfüllt wird. D.h. die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung wird verhindert, wenn wenigstens eine der folgenden Bedingungen erfüllt wird: (x) wenn die Antiblockierbremssteuerungseinleitungsbedingung gegenüber einer vorbestimmten Zeitdauer erfüllt wird, nachdem das Si-

gnal AUS durch die Motorsteuervorrichtung 42 erzeugt worden ist; (y) wenn die Druckverringerungsbetriebsart sich in die Druckerhöhungsbetriebsart geändert hat; und (z) wenn das Signal AUS von der Motorsteuervorrichtung 42 auf die Bestimmung vorhanden ist, ob die Bedingung zur Verhinderung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung erfüllt wird. Die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung ist nicht notwendig, wenn das regenerative Bremsdrehmoment klein genug ist und gleich null angesehen werden kann. Wenn sich die Druckverringerungsbetriebsart in die Druckerhöhungsbetriebsart geändert hat, wird die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungsbetriebsart verhindert, so daß die Steuerung verhindert wird, wenn die Druckverringerungsbetriebsart wiederum gewählt wird. Die Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments wird wiederum zugelassen, wenn die Antiblockierbremssteuerung beendet wird.

Während die erste Ausführungsform angepaßt ist, nicht den Verringerungsbetrag des Radbremszylinderdrucks zu beschränken, wenn die Druckverringerungsbetriebsart gewählt wird, ist die vorliegende Ausführungsform dahingehend angepaßt, den Verringerungsbetrag des Radbremszylinderdrucks zu verringern, wenn die Druckverringerungsbetriebsart gewählt wird. Die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung wird lediglich dann ausgeführt, wenn die Druckverringerungsbetriebsart zum ersten Mal gewählt wird.

Bei der regenerativen Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungssteuerung wird die Druckerhöhungszeit größer als diejenige der normalen Antiblockierbremssteuerung gemacht. D.h. die Druckerhöhungszeit wird um einen Kompensationsbetrag erhöht, welcher mit einem Ansteigen der Zeitdauer der Antiblockierbremssteuerung verringert wird ähnlich wie der Kompensationsbetrag, welcher bei der regenerativen Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung verwendet wird. Die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungssteuerung wird normalerweise verhindert, sie wird jedoch zugelassen, wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt werden: (p) wenn der Reibungskoeffizient der Straßenoberfläche größer als ein vorbestimmter Schwellenwert ist; (g) wenn die Druckerhöhungszeitsteuerungsunterbetriebsart gewählt wird; und (r) wenn die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung bewirkt worden ist. Somit wird ähnlich wie die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungssteuerung lediglich dann ausgeführt, wenn die Druckerhöhungszeitsteuerungsunterbetriebsart zum ersten Mal gewählt wird. Wenn die obigen Bedingungen (p), (g) und (r) erfüllt werden und wenn das Bremspedal 76 weiter niedergedrückt wird, wird ebenfalls die Druckerhöhungssteuerungszeit, welche sich aus der Druckerhöhungszeit und der Haltezeit zusammensetzt, erhöht.

Bei einer regenerativen Bremsdrehmomentkompensationspulszahlerhöhungssteuerung werden die Druckerhöhungszeit und die Druckhaltezeit entsprechend einer gespeicherten Tabelle kompensiert, um das Verhältnis der Druckerhöhungszeit zu der Druckhaltezeit zu erhöhen. Die regenerative Bremsdrehmomentpulszahlerhöhungssteuerung wird normalerweise zugelassen, sie wird jedoch verhindert, wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt werden: (s) wenn die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungssteuerung bewirkt worden ist; (t) wenn der Reibungskoeffizient der Straßenoberfläche größer als ein vorbestimmter Schwellenwert ist; und (u) wenn die Pulszah-

lerhöhungsunterbetriebsart zum ersten Mal gewählt wird. Somit wird die regenerative Bremsdrehmomentkompensationspulszahlerhöhungsteuerung lediglich einmal ausgeführt.

Die regenerative Bremsdrehmomentkompensationspulszahlerhöhungsteuerung für ein gegebenes Rad kann zugelassen werden, wenn die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung in der Druckverringerungsbetriebsart bewirkt worden ist. Da die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung lediglich einmal ausgeführt wird, wird die regenerative Bremsdrehmomentkompensationspulszahlerhöhungsteuerung lediglich einmal ausgeführt.

Unter Bezugnahme auf das Flußdiagramm von Fig. 8 wird ein Hydraulikbremsdrehmomentsteuerungsprogramm der vorliegenden zweiten Ausführungsform der Erfindung beschrieben.

Das Programm wird mit Schritten S101 bis S103 eingeleitet, um zu bestimmen, ob eine Antiblockierbremssteuerung für ein fragliches Rad bewirkt wird, ob die Bedingung zur Verhinderung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung für das Rad erfüllt wird und ob die Antiblockierbremssteuerungseinleitungsbedingung für das Rad erfüllt wird. Da die Bedingung zur Verhinderung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung stärker ist als die Antiblockierbremssteuerungseinleitungsbedingung, wird die Bestimmung der erstgenannten Bedingung vor der Bestimmung der letztgenannten Bedingung ausgeführt. Wenn die Bedingung zur Verhinderung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu Schritten S104 und S105, um der Motorsteuervorrichtung 42 Informationen zur Verhinderung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung zuzuführen und ein Antiblockierbremssteuerungsflag auf "1" zu setzen.

Wenn die Antiblockierbremssteuerung bewirkt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S106, um zu bestimmen, ob die Bedingung zur Beendigung der Antiblockierbremssteuerung oder die Bedingung zur Zulassung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung erfüllt wird. Wenn keine dieser Bedingungen erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu Schritten S107 bis S109, um die Bremssteuerungsbetriebsart zu wählen und zu bestimmen, ob die gewählte Bremssteuerungsbetriebsart die Druckverringerungsbetriebsart oder die Druckerhöhungsbetriebsart ist. Wenn die gewählte Bremssteuerungsbetriebsart die Druckverringerungsbetriebsart ist, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S110, um zu bestimmen, ob die Bedingung zur Verhinderung der regenerativen Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungsbetriebsart erfüllt wird. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu dem Schritt S111, bei welchem die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung durchgeführt wird. Wenn die Bedingung erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S111, bei welchem die normale Druckverringerungssteuerung bewirkt wird. Da die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungsbetriebsart normalerweise zugelassen wird, wird diese Steuerung bewirkt, sofern nicht die Verhinderungsbedingung erfüllt wird.

Wenn die bestimmte Bremssteuerungsbetriebsart die Druckerhöhungssteuerungsbetriebsart der Druckerhöhungsunterbetriebsart ist, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S113, um zu bestimmen, ob die Bedingung zur Zulassung der regenerativen Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungsteuerung erfüllt wird. Wenn diese Bedingung erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S114, bei welchem die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungsteuerung bewirkt wird.

Wenn die Bedingung nicht erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S115, bei welchem die normale Druckerhöhungsteuerung bewirkt wird. Da die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckerhöhungsteuerung normalerweise verhindert wird, wird diese Steuerung nicht bewirkt, bis die Bedingung zur Zulassung der Steuerung erfüllt wird. Wenn die Pulszahlerhöhungsunterbetriebsart gewählt wird, wird die regenerative Bremsdrehmomentkompensationspulszah-

lerhöhungsteuerung bewirkt, wenn die Bedingung zur Verhinderung dieser Steuerung nicht erfüllt wird, und es wird die normale Pulszahlerhöhungsteuerung bewirkt, wenn diese Bedingung erfüllt wird. Dieser Teil des Hydraulikbremsdrehmomentsteuerungsprogramms ist nicht in dem Flußdiagramm von Fig. 8 dargestellt.

Wenn die bestimmte Bremssteuerungsbetriebsart die Druckhaltebetriebsart ist, begibt sich der Steuerfluß zu einem Schritt S116, bei welchem die Druckhaltesteuerung bewirkt wird.

Wenn die Bedingung zur Beendigung der Antiblockierbremssteuerung oder die Bedingung zur Zulassung der regenerativen Bremsdrehmomentsteuerung erfüllt wird, begibt sich der Steuerfluß zu Schritten S117, S118 und S119, um das Antiblockierbremssteuerungsflag auf "0" zurückzusetzen, die Steuerung des regenerativen Bremsdrehmoments zuzulassen und die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung und die regenerative Bremsdrehmomentkompensationspulszah-

lerhöhungsteuerung zuzulassen. In dem Schritt S118 werden die Richtungssteuerungsventile 308, 310 und die verschiedenen solenoidbetriebenen Absperrventile in ihre ursprünglichen Positionen versetzt. In dem Schritt S119 wird der Motorsteuervorrichtung 42 die Information zur Zulassung der Steuerung der regenerativen Bremssteuerung zugeführt, um die regenerative Bremsdrehmomentkompensationsdruckverringerungssteuerung und die regenerative Bremsdrehmomentkompensationspulszahlerhöhungsteuerung zuzulassen.

In dem Bremssystem der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die momentane Antiblockierbremssteuerung derart eingerichtet, daß der Betrag der Verringerung des Radbremszylinderdrucks verringert wird und der Betrag der Erhöhung des Radbremszylinderdrucks erhöht wird. Diese Anordnung ist wirksam, um den Verringerungsbetrag des Gesamtbremsdrehmoments der Antriebsräder infolge eines auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments zu reduzieren und den Einfluß des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments zu reduzieren.

Es versteht sich, daß ein Teil des Hydraulikbremsdrehmomentkontrollers 360, welcher der Ausführung der Schritte S112 und S114 zugeordnet ist, die Antiblockiersteuereinrichtung bildet, welche während des Aufbringens sowohl des regenerativen Bremsdrehmoments als auch des Reibungsdrehmoments wirksam ist.

Die Hydraulikbremsvorrichtungen 30, 300 können durch eine elektrisch betriebene Bremsvorrichtung oder eine piezoelektrische Bremsvorrichtung ersetzt werden. Die elektrisch betriebene Bremsvorrichtung kann derart angepaßt sein, daß die Bremsklötze auf einen mit einem Fahrzeugrad drehenden Rotor durch Aktivieren eines Elektromotors gedrückt werden. Die piezoelektrische Bremsvorrichtung kann derart angepaßt sein, daß die Bremsklötze durch Anwendung einer Deformierung eines piezoelektrischen Elements auf den Rotor gedrückt werden.

Vorstehend wurde ein Fahrzeugbremssystem mit einer Reibungsbremsvorrichtung und einer regenerativen Bremsvorrichtung offenbart. Ein Fahrzeugbremssystem enthält

eine Reibungsbremsvorrichtung zur Aufbringung eines Reibungsbremsdrehmoments auf eine Mehrzahl von Rädern des Fahrzeugs, eine regenerative Bremsvorrichtung, welche wenigstens einen Elektromotor zum Aufbringen eines regenerativen Bremsdrehmoments auf wenigstens ein Antriebsrad des Fahrzeugs aufweist, und eine Gesamtbremsdrehmomentsteuerungseinrichtung zur Steuerung eines Gesamtbremsdrehmoments, welches sich aus dem regenerativen Bremsdrehmoment und/oder dem Reibungsbremsdrehmoment zusammensetzt, welche jedem der Räder aufgebracht werden. Wenn das Gesamtbremsdrehmoment wenigstens eines der Räder eine obere Grenze entsprechend einem Reibungskoeffizienten einer Straßenoberfläche, auf welcher das Motorfahrzeug fährt, überschritten hat, arbeitet die Gesamtbremsdrehmomentsteuervorrichtung dahingehend, daß das regenerative Bremsdrehmoment jedes der oben angezeigten Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, auf null zu bringen und das Reibungsbremsdrehmoment dieses Rades zu steuern, während ein Einfluß des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments reduziert wird.

#### Patentansprüche

1. Bremssystem für ein Motorfahrzeug mit einer Vielzahl von Rädern einschließlich wenigstens eines Antriebsrads mit:  
einer Reibungsbremsvorrichtung zum Drücken eines Reibungsteils auf einen mit jedem der Räder rotierenden Rotor, um dadurch ein Reibungsbremsdrehmoment jedem Rad aufzubringen;  
einer regenerativen Bremsvorrichtung, welche wenigstens einen Elektromotor enthält, welcher mit dem wenigstens einen Antriebsrad verbunden ist, um ein regeneratives Bremsdrehmoment dem wenigstens einen Antriebsrad aufzubringen; und  
einer Gesamtbremsdrehmomentsteuerungseinrichtung zur Steuerung eines Gesamtbremsdrehmoments, welches wenigstens das regenerative Bremsdrehmoment oder das Reibungsbremsdrehmoment beinhaltet, welche jedem der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, wobei die Gesamtbremsdrehmomentsteuerungseinrichtung arbeitet, wenn das Gesamtbremsdrehmoment, welches wenigstens einem der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, eine obere Grenze entsprechend einem Reibungskoeffizienten einer Straßenoberfläche überschreitet, auf welcher das Motorfahrzeug fährt, zum auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments jedes der in der Mehrzahl vorkommenden Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, und zum Steuern des Reibungsbremsdrehmoments jedes der Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, während ein Einfluß des auf null Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments reduziert wird.
2. Bremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reibungsbremsvorrichtung (a) einen gemeinsamen Kontroller zum gemeinsamen Steuern der Reibungsbremsdrücke der in der Mehrzahl vorkommenden Räder, und (b) unabhängige Kontroller zur Steuerung der Reibungsbremsdrehmomente der in der Mehrzahl vorkommenden Räder jeweils unabhängig voneinander enthält, und die Gesamtbremsdrehmomentsteuerungseinrichtung (c) eine Kooperationssteuerungseinrichtung zur Steuerung des gemeinsamen Kontrollers derart, daß eine Summe des Reibungsbremsdrehmoments und des regenerativen Bremsdrehmoments mit einem Sollbremsdrehmomentwert übereinstimmt, welcher von einem Bediener des Motor-

fahrzeugs verlangt wird, und (d) eine Antiblockiersteuerungseinrichtung zur Steuerung der unabhängigen Kontroller derart enthält, daß das Reibungsbremsdrehmoment jedes Rades, welches durch einen entsprechenden unabhängigen Kontroller gesteuert wird, zuläßt, daß jedes Rad in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand gehalten wird.

3. Bremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtbremsdrehmomentsteuerungseinrichtung eine Bremsdrehmomentsteuerungseinrichtung enthält, welche wenigstens (1) eine Antriebsradantiblockiersteuerungseinrichtung zur Steuerung des Reibungsbremsdrehmoments, welches jedem der Antriebsräder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, aufgebracht wird, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, um jedes der wenigstens einfach vorkommenden Antriebsräder in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand zu halten, während ein Verringern des Gesamtbremsdrehmoments infolge des auf 0 Bringens des regenerativen Bremsdrehmoments beschränkt wird, oder (2) eine Reibungsdrehmomenterhöhungsgradientenbeschränkungseinrichtung zur Beschränkung eines Gradienten der Erhöhung des Reibungsbremsdrehmoments wenigstens eines der in der Mehrzahl vorkommenden Räder außer dem wenigstens einen Rad, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, aufweist.

4. Bremssystem für ein Motorfahrzeug mit einer Mehrzahl von Rädern einschließlich wenigstens eines Antriebsrads mit:  
einer Reibungsbremsvorrichtung zum Drücken eines Reibungsteils auf einen mit jedem der Räder rotierenden Rotor, um dadurch ein Reibungsbremsdrehmoment jedem Rad aufzubringen;  
einer regenerativen Bremsvorrichtung, welche wenigstens einen Elektromotor enthält, der mit dem wenigstens einen Antriebsrad verbunden ist, um ein regeneratives Bremsdrehmoment dem wenigstens einen Antriebsrad aufzubringen; und  
einer Gesamtbremsdrehmomentsteuerungseinrichtung zur Steuerung eines Gesamtbremsdrehmoments, welches jedem der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, wobei das Gesamtbremsdrehmoment wenigstens das Reibungsbremsdrehmoment oder das regenerative Bremsdrehmoment beinhaltet, und wobei die Gesamtbremsdrehmomentsteuerungseinrichtung

eine erste Antiblockiersteuerungseinrichtung zur Steuerung des Gesamtbremsdrehmoments, welches jedem der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufgebracht wird, um jedes der Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand zu halten, wenn das Gesamtdrehmoment, welches jedem der Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, aufgebracht wird, eine obere Grenze entsprechend einem Reibungskoeffizienten einer Straßenoberfläche überschreitet, auf welcher das Motorfahrzeug fährt, während das regenerative Bremsdrehmoment oder das Reibungsbremsdrehmoment des auf die in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufbrachten Gesamtbremsdrehmoments gleich null ist, und

eine Bremsdrehmomentsteuerungseinrichtung enthält zur Steuerung der den in der Mehrzahl vorkommenden Rädern aufbrachten Gesamtbremsdrehmomente, wenn das jedem der in der Mehrzahl vorkommenden Räder aufbrachte Gesamtbremsdrehmoment die



obere Grenze überschritten hat, während weder das regenerative Bremsdrehmoment noch das Reibungs-  
 bremsdrehmoment, welche den in der Mehrzahl vor-  
 kommenden Rädern aufgebracht werden, gleich null  
 ist, wobei die Bremsdrehmomentsteuerungseinrich-  
 tung (1) eine regenerative Bremsdrehmomentreduzie-  
 rungseinrichtung zum auf null Bringen des regenerati-  
 ven Bremsdrehmoments und (2) wenigstens (a) eine  
 zweite Antiblockiersteuerungseinrichtung zur Steue-  
 rung des Reibungsbremsdrehmoments jedes der An-  
 tribsräder, von denen wenigstens eines vorhanden ist,  
 dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze  
 überschritten hat, um jedes der Antriebsräder, von de-  
 nen wenigstens eines vorhanden ist, in einem im we-  
 sentlichen optimalen Gleitzustand zu halten und so daß  
 das durch die zweite Antiblockiersteuerungseinrich-  
 tung gesteuerte Reibungsdrehmoment im allgemeinen  
 größer ist als das durch die erste Antiblockiersteue-  
 rungseinrichtung gesteuerte oder (b) eine Reibungs-  
 bremsdrehmomenterhöhungsgradientenbeschränkung-  
 seinrichtung zur Beschränkung eines Gradienten auf  
 das Reibungsbremsdrehmoment wenigstens eines der  
 in der Mehrzahl vorkommenden Räder außer dem we-  
 nigstens einen Rad, dessen Gesamtbremsdrehmoment  
 die obere Grenze überschritten hat, enthält.

5. Bremssystem nach Anspruch 4, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Bremsdrehmomentsteuerungseinrich-  
 tung sowohl die zweite Antiblockiersteuerungseinrich-  
 tung als auch die Reibungsbremsdrehmomenterhö-  
 hungsgradientenbeschränkungseinrichtung enthält.

6. Bremssystem nach Anspruch 4, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Bremsdrehmomentsteuerungseinrich-  
 tung die zweite Antiblockiersteuerungseinrichtung enthält.

7. Bremssystem nach Anspruch 4, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Bremsdrehmomentsteuerungseinrich-  
 tung die Reibungsbremsdrehmomenterhöhungsgra-  
 dientenbeschränkungseinrichtung enthält.

8. Bremssystem nach Anspruch 4, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Gesamtbremsdrehmomentsteue-  
 rungseinrichtung eine Schalteinrichtung zum Deakti-  
 vieren der zweiten Antiblockiersteuerungseinrichtung  
 und zum Aktivieren der ersten Antiblockiersteuerungs-  
 einrichtung enthält.

9. Bremssystem nach Anspruch 8, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Schalteinrichtung die zweite Anti-  
 blockiersteuerungseinrichtung deaktiviert und die erste  
 Antiblockiersteuerungseinrichtung aktiviert, wenn eine  
 vorbestimmte Bedingung erfüllt wird, wobei die vorbe-  
 stimmte Bedingung wenigstens eine der Bedingungen  
 enthält: daß das Gesamtbremsdrehmoment des An-  
 tribsrads, dessen regeneratives Bremsdrehmoment  
 durch die regenerative Bremsdrehmomentreduzieren-  
 einrichtung auf null gebracht worden ist und dessen Rei-  
 bungsbremsdrehmoment durch die zweite Antiblok-  
 kiersteuerungsvorrichtung gesteuert wird, um einen er-  
 sten Betrag erhöht worden ist, welcher hinreichend ist,  
 um einen Betrag der Reduzierung des Gesamtbreis-  
 drehmoments hervorgerufen durch das auf null Brin-  
 gen des regenerativen Bremsdrehmoments zu kompen-  
 sieren; daß das Reibungsbremsdrehmoment des Rades,  
 dessen Gesamtbremsdrehmoment nicht durch die  
 Bremsdrehmomentsteuerungseinrichtung gesteuert  
 wird, um einen zweiten Betrag erhöht worden ist, im  
 wesentlichen gleich dem Gesamtbremsdrehmoment  
 ist, bevor das regenerative Bremsdrehmoment auf null  
 gebracht worden ist; und daß eine vorbestimmte Zeit-  
 dauer verstrichen ist, nachdem das regenerative Brems-  
 drehmoment auf null gebracht worden ist.

10. Bremssystem nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Gesamtbremsdrehmomentsteue-  
 rungseinrichtung eine Nachlaufbeschränkungseinrich-  
 tung zum Beschränken einer Änderung des Gesamt-  
 bremsdrehmoments jedes der in der Mehrzahl vorkom-  
 menden Räder enthält, wenn ein Nachlaufen der Dreh-  
 geschwindigkeit jedes Rades erfaßt wird.

11. Bremssystem nach Anspruch 4, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Gesamtbremsdrehmomentsteue-  
 rungseinrichtung eine Nachlaufbeschränkungseinrich-  
 tung zum Beschränken einer Änderung des Gesamt-  
 bremsdrehmoments jedes der in der Mehrzahl vorkom-  
 menden Räder enthält, wenn ein Nachlaufen der Dreh-  
 geschwindigkeit jedes Rades erfaßt wird.

12. Bremssystem nach Anspruch 10, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Gesamtbremsdrehmomentsteue-  
 rungseinrichtung eine Verhinderungseinrichtung zum  
 Verhindern enthält, daß die Nachlaufbeschränkungs-  
 einrichtung eine Änderung des Gesamtbremsdrehmo-  
 ments beschränkt, während die zweite Antiblockier-  
 steuerungseinrichtung betrieben wird.

13. Bremssystem nach Anspruch 11, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Gesamtbremsdrehmomentsteue-  
 rungseinrichtung eine Verhinderungseinrichtung zum  
 Verhindern enthält, daß die Nachlaufbeschränkungs-  
 einrichtung eine Änderung des Gesamtbremsdrehmo-  
 ments beschränkt, während die zweite Antiblockier-  
 steuerungseinrichtung betrieben wird.

14. Bremssystem nach Anspruch 3, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Reibungsbremsvorrichtung einen ge-  
 meinsamen Kontroller zur gemeinsamen Steuerung der  
 Reibungsbremsdrehmomente der in der Mehrzahl vor-  
 kommenden Räder und (b) unabhängige Kontroller zur  
 Steuerung der Reibungsbremsdrehmomente der in der  
 Mehrzahl vorkommenden Räder jeweils unabhängig  
 voneinander enthält, und die Gesamtbremsdrehmo-  
 mentsteuerungseinrichtung (c) eine Kooperations-  
 steuerungseinrichtung zur Steuerung des gemeinsamen  
 Kontrollers derart, daß eine Summe des Reibungs-  
 bremsdrehmoments und des regenerativen Bremsdreh-  
 moments mit einem Sollbremsdrehmomentwert über-  
 einstimmt, welcher von einem Bediener des Motor-  
 fahrzeugs verlangt wird, und (d) eine Antiblockier-  
 steuerungseinrichtung zur Steuerung der unabhängigen  
 Kontroller derart enthält, daß das Reibungsbremsdreh-  
 moment jedes der in der Mehrzahl vorkommenden Rä-  
 der, welche durch einen entsprechenden der unabhän-  
 gigen Kontroller gesteuert werden, jedes Rad in einem  
 im wesentlichen optimalen Gleitzustand hält, wobei  
 die Antiblockiersteuerungseinrichtung die Antriebsra-  
 dantiblockiersteuerungseinrichtung enthält.

15. Bremssystem nach Anspruch 4, dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß die Reibungsbremsvorrichtung einen ge-  
 meinsamen Kontroller zur gemeinsamen Steuerung der  
 Reibungsbremsdrehmomente der in der Mehrzahl vor-  
 kommenden Räder und (b) unabhängige Kontroller zur  
 Steuerung der Reibungsbremsdrehmomente der in der  
 Mehrzahl vorkommenden Räder jeweils unabhängig  
 voneinander enthält, und die Gesamtbremsdrehmo-  
 mentsteuerungseinrichtung (c) eine Kooperations-  
 steuerungseinrichtung zur Steuerung des gemeinsamen  
 Kontrollers derart, daß eine Summe des Reibungs-  
 bremsdrehmoments und des regenerativen Bremsdreh-  
 moments mit einem Sollbremsdrehmomentwert über-  
 einstimmt, welcher von einem Bediener des Motor-  
 fahrzeugs verlangt wird, und (d) eine Antiblockier-  
 steuerungseinrichtung zur Steuerung der unabhängigen  
 Kontroller derart enthält, daß das Reibungsbremsdreh-

moment jedes der in der Mehrzahl vorkommenden Räder, welche durch einen entsprechenden unabhängigen Kontroller gesteuert werden, jedes Rad in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand hält, wobei die Antiblockiersteuerungseinrichtung die Antriebsradan- 5  
tiblockiersteuerungseinrichtung enthält.

16. Bremssystem für ein Motorfahrzeug mit einer Mehrzahl von Rädern einschließlich wenigstens eines Antriebsrads, welches einer Reibungsbremsvorrichtung zum Drücken eines Reibungsteils auf einen mit jedem der Räder rotierenden Rotor, um dadurch ein Reibungsbremsdrehmoment jedem Rad aufzubringen, und eine erste Antiblockiersteuerungseinrichtung zur Steuerung des Reibungsdrehmoments aufweist, welches jedem der in der Mehrzahl vorkommenden Räder, 10  
von denen wenigstens eines vorhanden ist, aufgebracht wird, um jedes der Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand zu halten, wenn das jedem der Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, aufgebrachte 15  
Reibungsbremsdrehmoment eine obere Grenze entsprechend einem Reibungskoeffizienten einer Straßenoberfläche überschreitet, auf welcher das Motorfahrzeug fährt, wobei eine Verbesserung gebildet wird durch: 20  
25

eine regenerative Bremsvorrichtung, welche wenigstens einen Elektromotor enthält, welcher mit dem wenigstens einen Antriebsrad verbunden ist, um ein regeneratives Bremsdrehmoment dem wenigstens einen Antriebsrad aufzubringen; und 30

eine Gesamtbremsdrehmomentsteuerungseinrichtung zur Steuerung eines Gesamtbremsdrehmoments, welches wenigstens das Reibungsdrehmoment oder das regenerative Bremsdrehmoment aufweist, welche den in der Mehrzahl vorkommenden Rädern aufgebracht werden, wenn das jedem der in der Mehrzahl vorkommenden Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, aufgebrachte Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, während weder das regenerative Bremsdrehmoment, welches jedem der Antriebsräder, 35  
von denen wenigstens eines vorhanden ist, angelegt wird, noch das Reibungsbremsdrehmoment, welches jedem der Räder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, aufgebracht wird, null beträgt, wobei die Gesamtbremsdrehmomentsteuerungseinrichtung (1) 40  
45

eine regenerative Bremsdrehmomentreduzierungseinrichtung zum auf null Bringen des regenerativen Bremsdrehmoments und (2) wenigstens (a) eine zweite Antiblockiersteuerungseinrichtung zur Steuerung des Reibungsbremsdrehmoments jedes der Antriebsräder, 50  
von denen wenigstens eines vorhanden ist, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze überschritten hat, um jedes der vorhandenen Antriebsräder, von denen wenigstens eines vorhanden ist, in einem im wesentlichen optimalen Gleitzustand und derart zu halten 55  
und so daß das Reibungsbremsdrehmoment, welches durch die zweite Antiblockiersteuerungseinrichtung gesteuert wird, im allgemeinen größer als das durch die erste Antiblockiersteuerungseinrichtung gesteuerte ist, oder eine (b) Reibungsbremsdrehmomenterhöhungs- 60  
gradientenbeschränkungseinrichtung zur Beschränkung eines Gradienten auf das Reibungsbremsdrehmoment wenigstens eines der in der Mehrzahl vorkommenden Räder außer dem wenigstens einen Rad, dessen Gesamtbremsdrehmoment die obere Grenze über- 65

schriften hat, enthält.

---

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

---



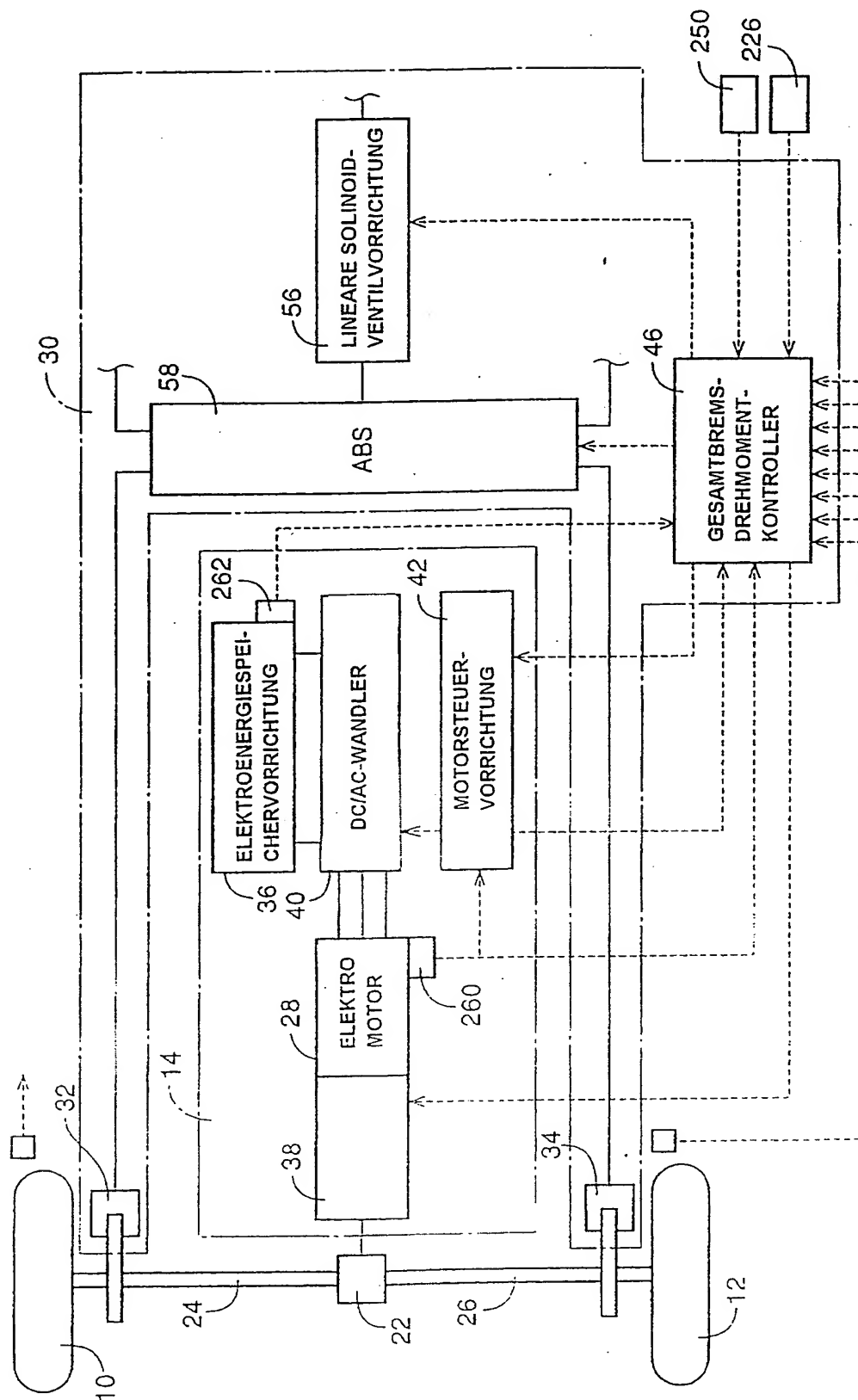


FIG. 1

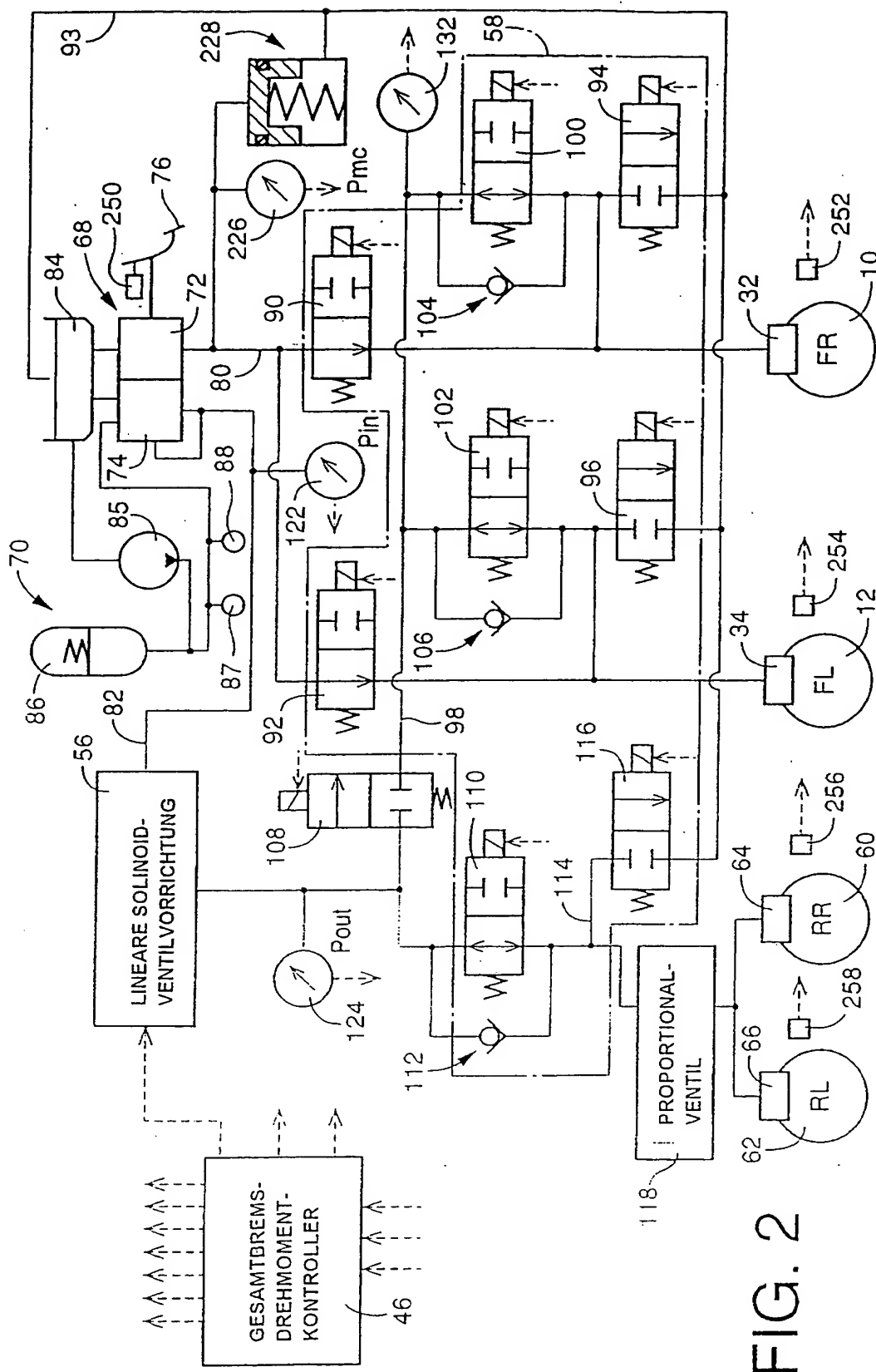


FIG. 2

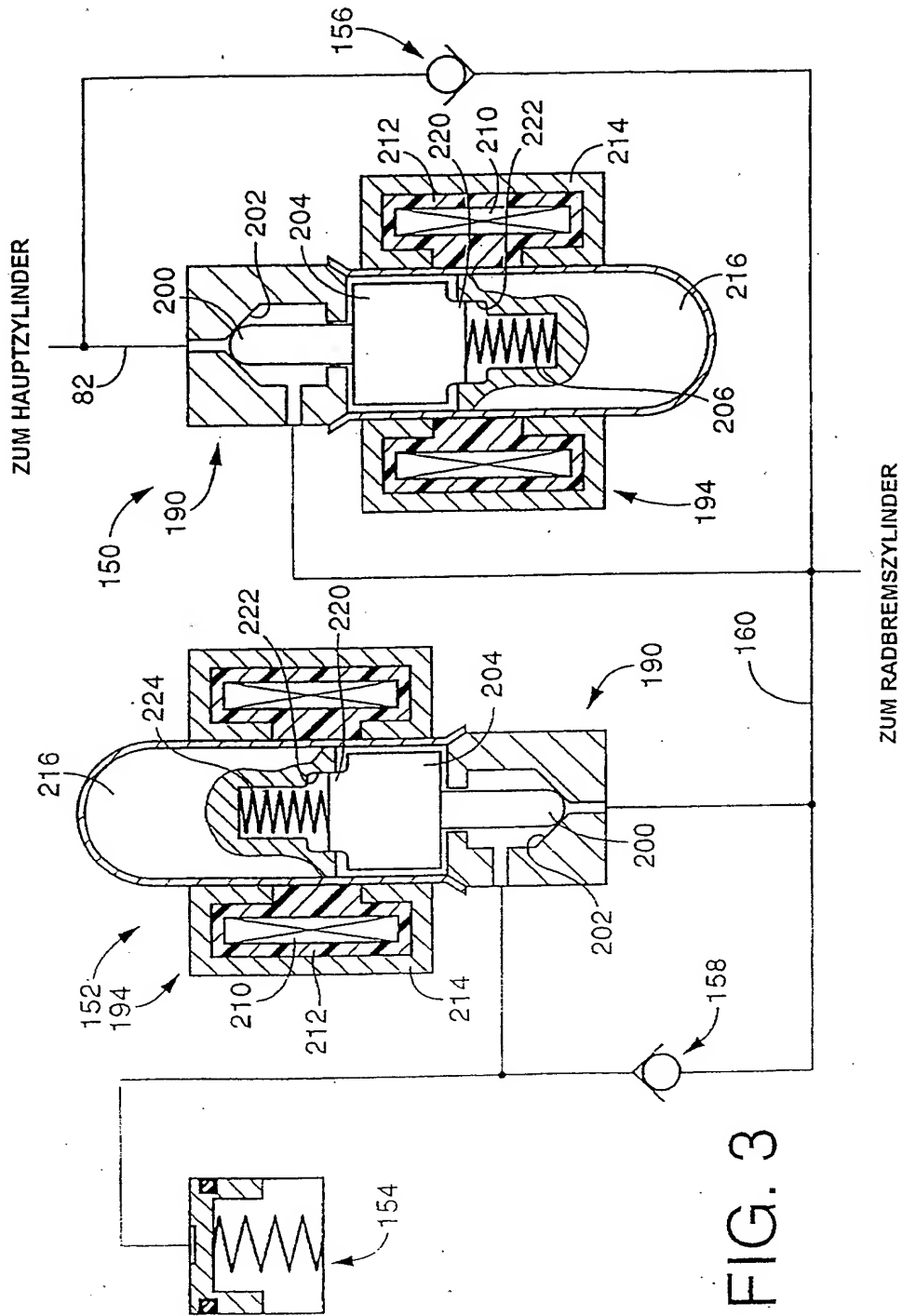


FIG. 3

FIG. 4A

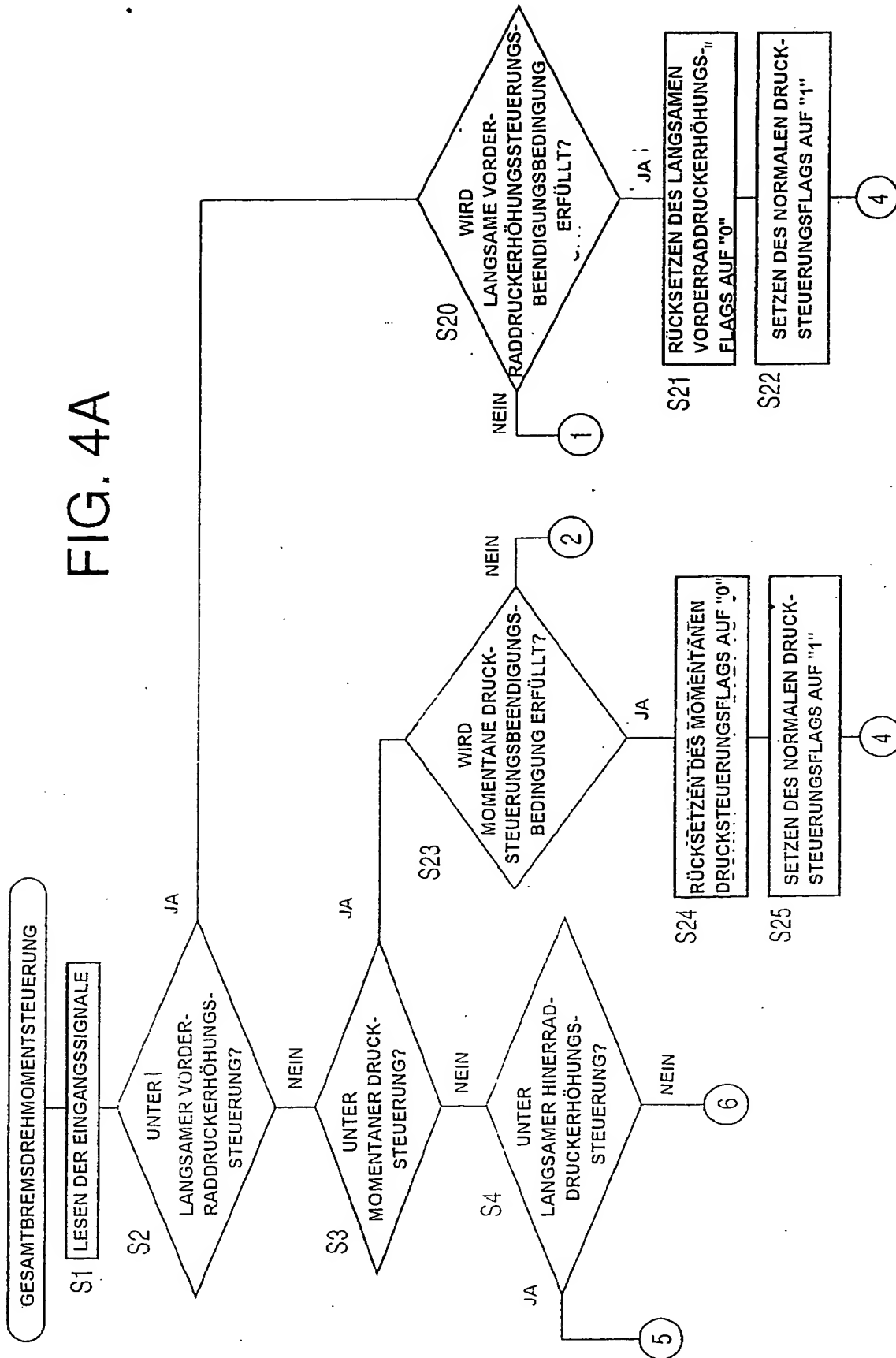


FIG. 4B

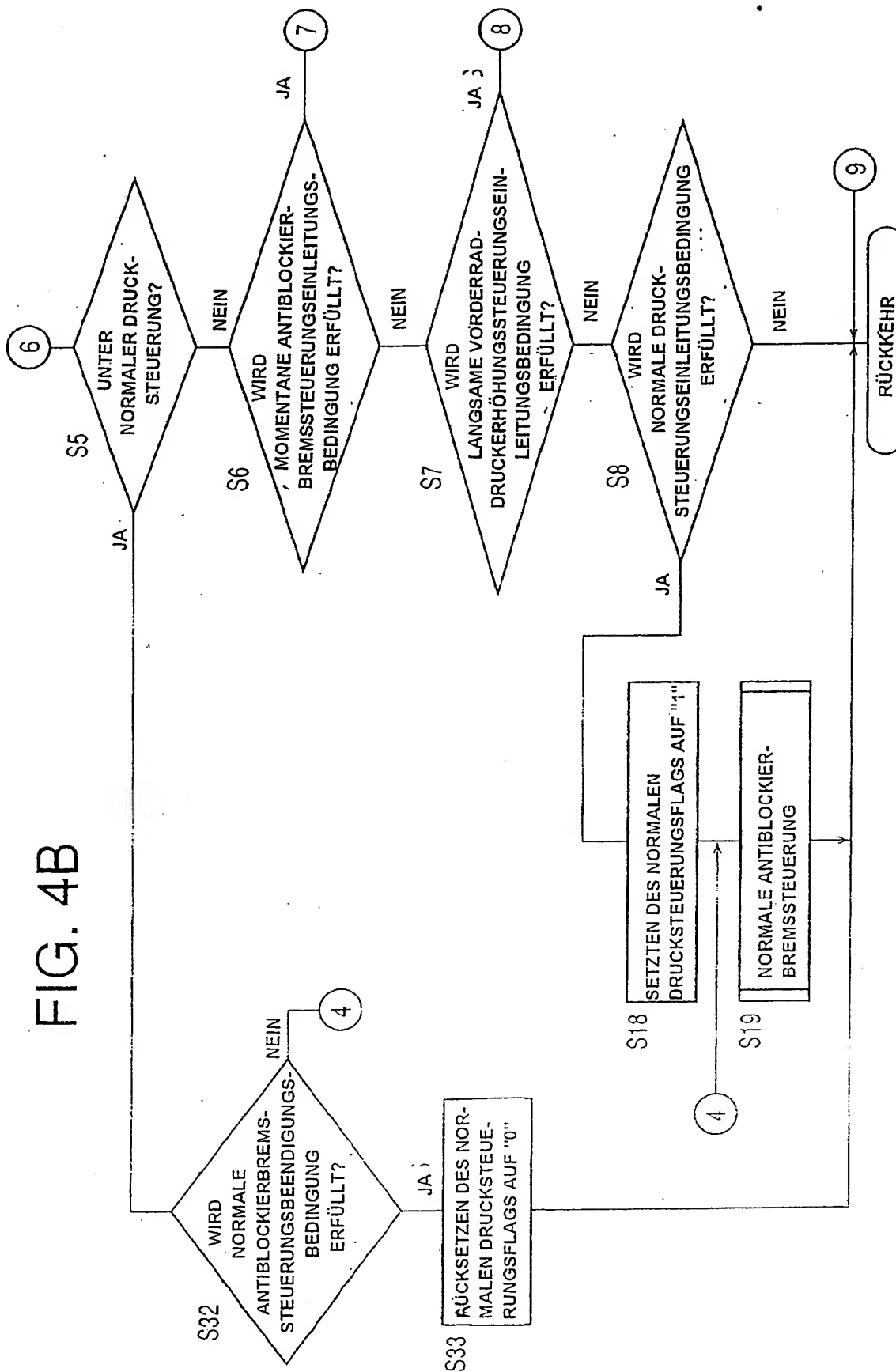


FIG. 4C

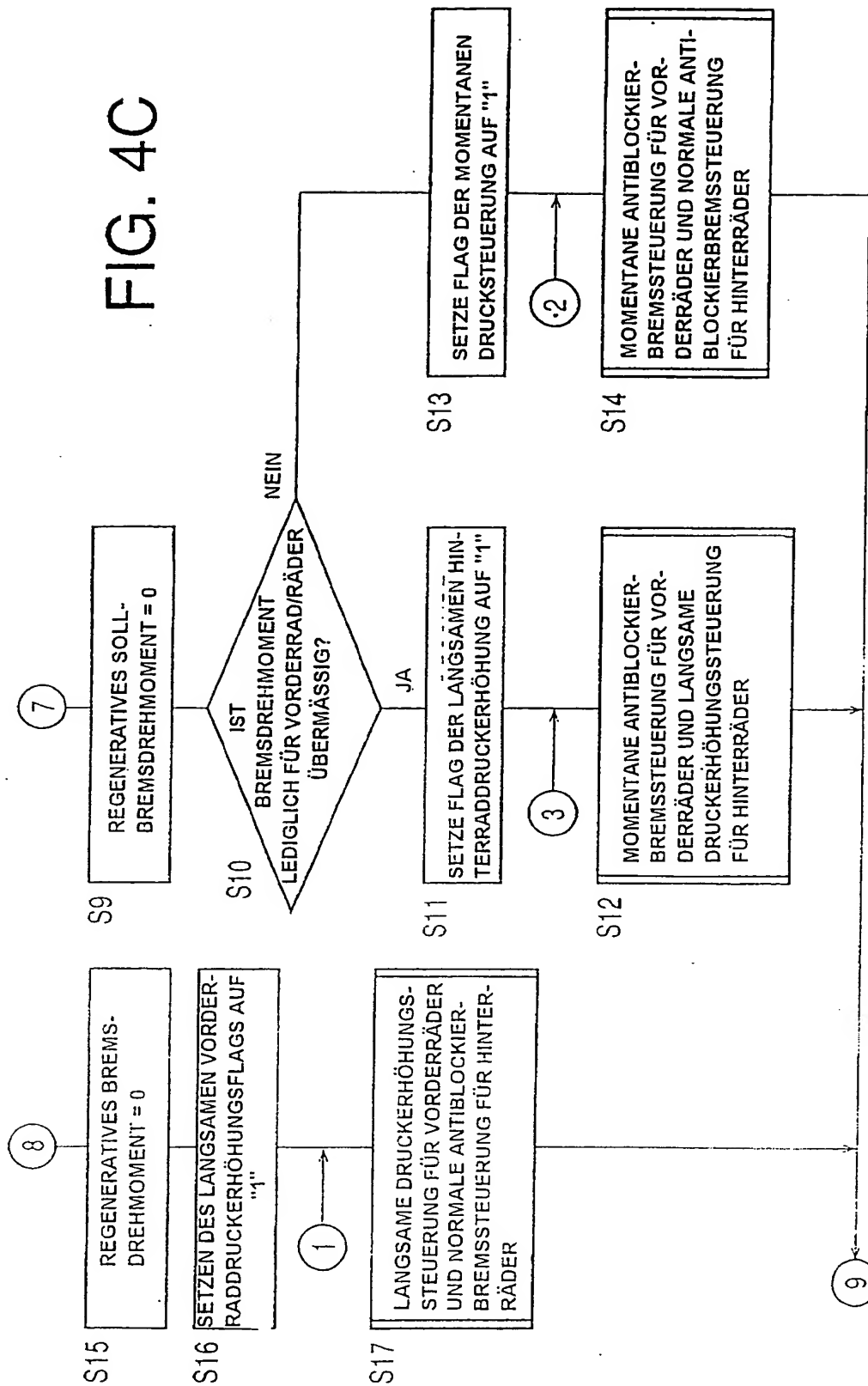
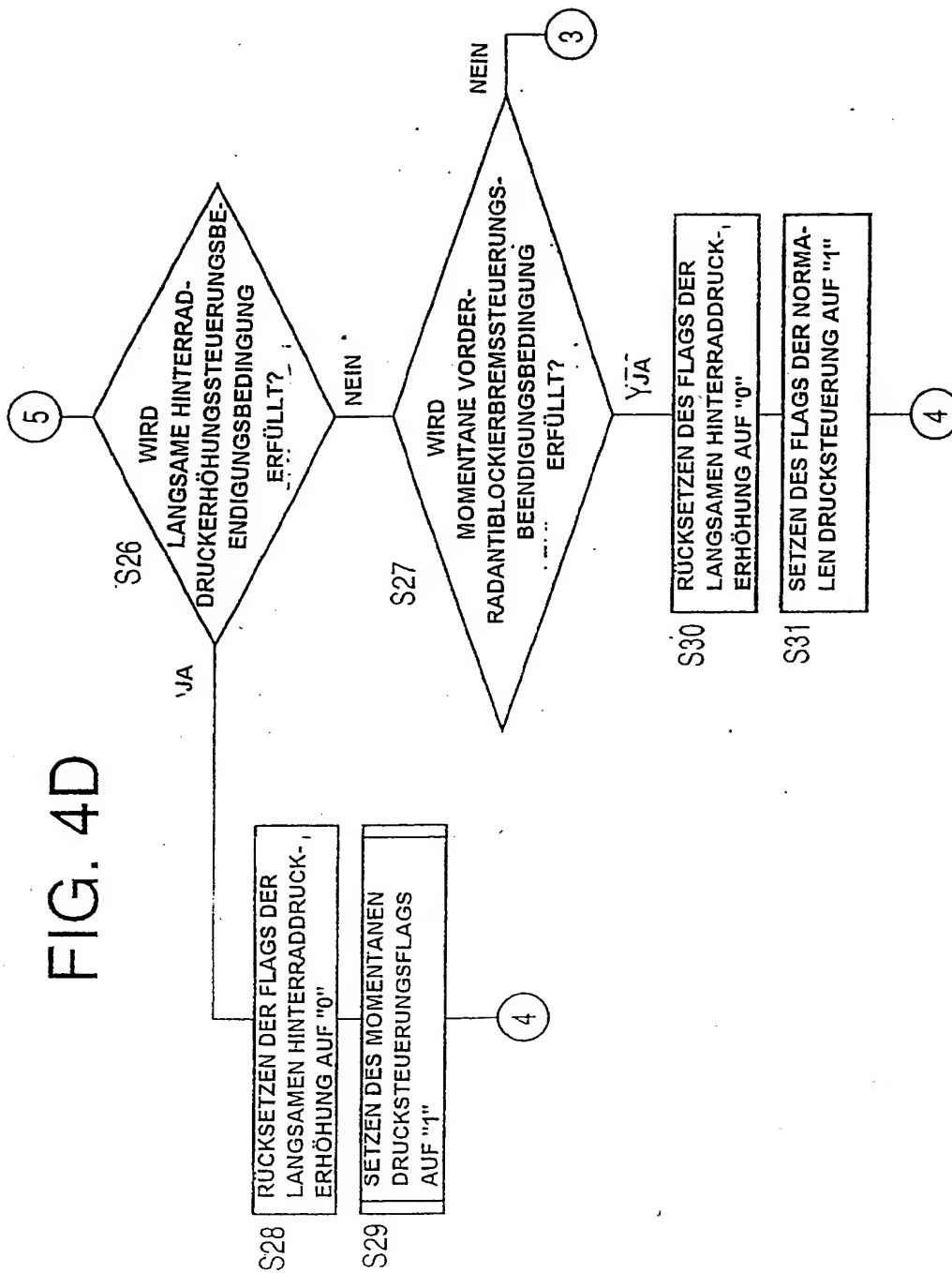


FIG. 4D





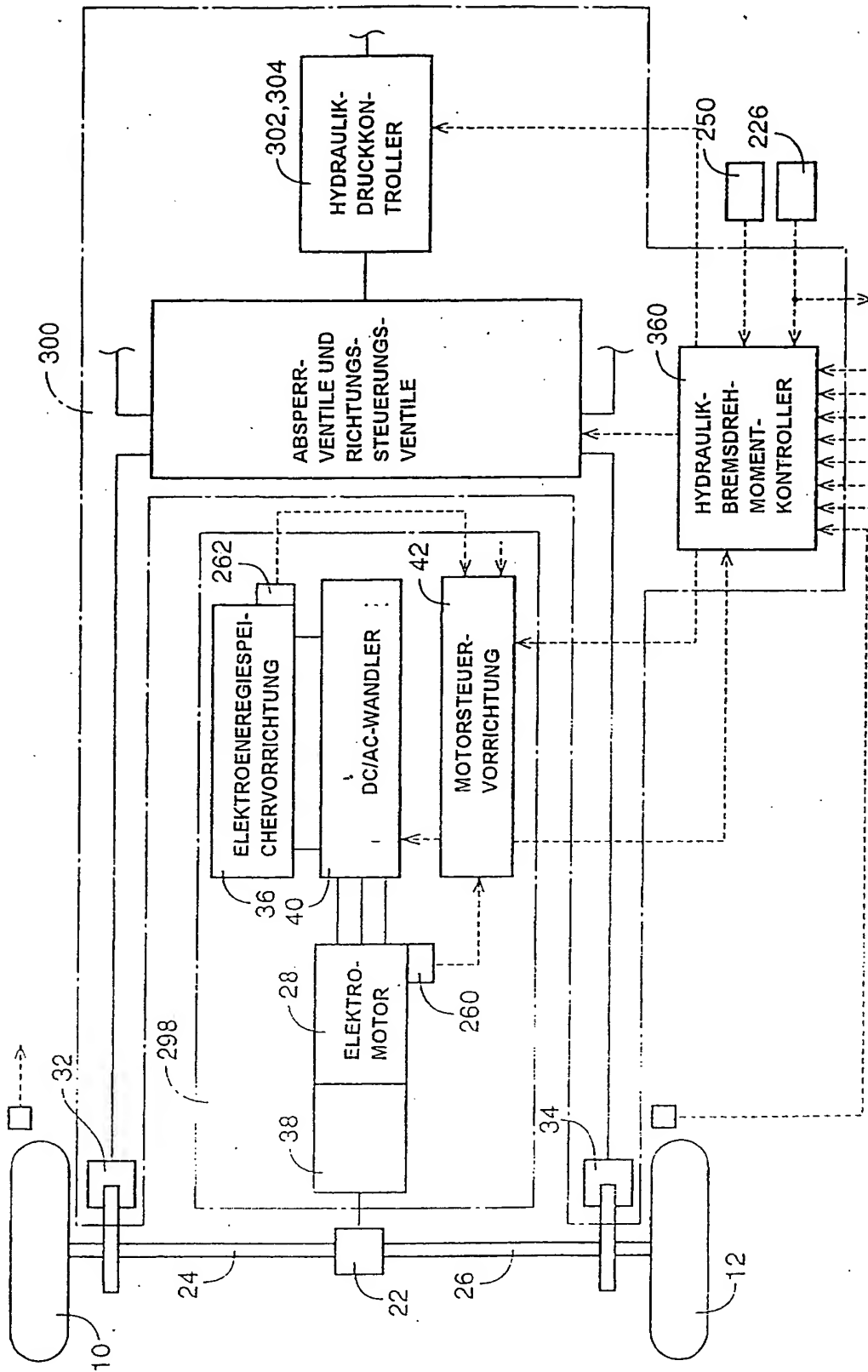
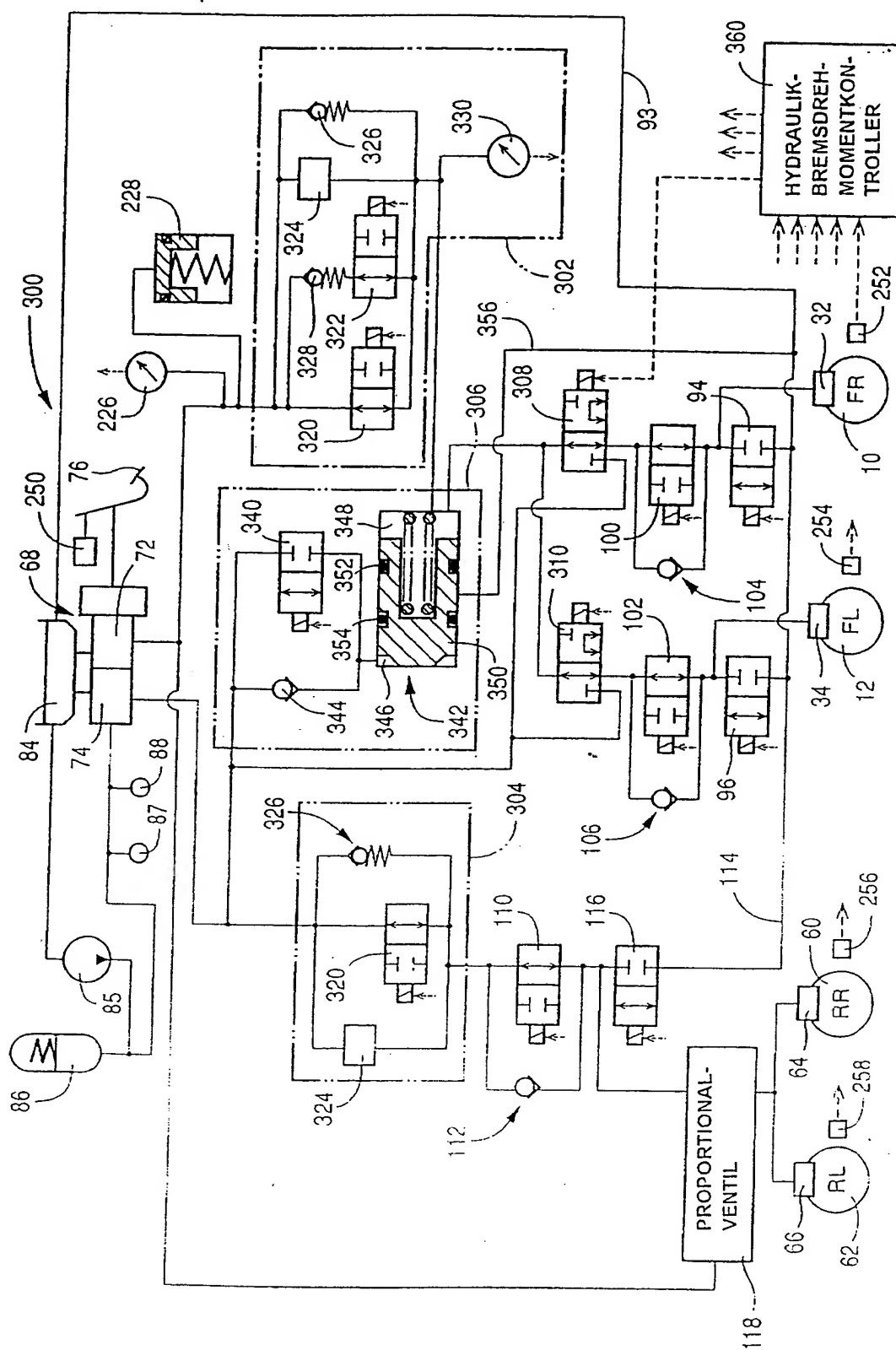


FIG. 5



6  
G.  
F

FIG. 8A

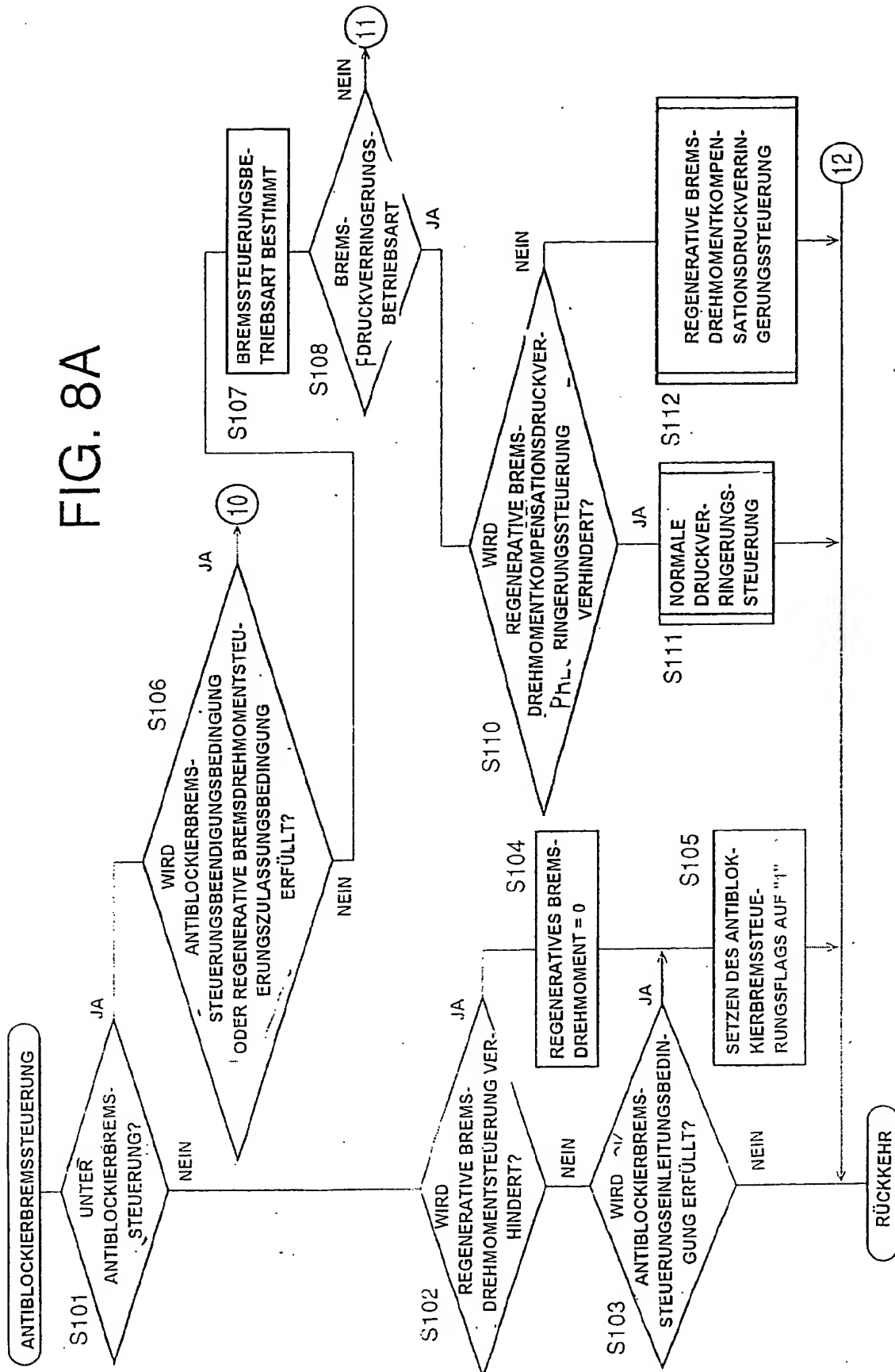


FIG. 7

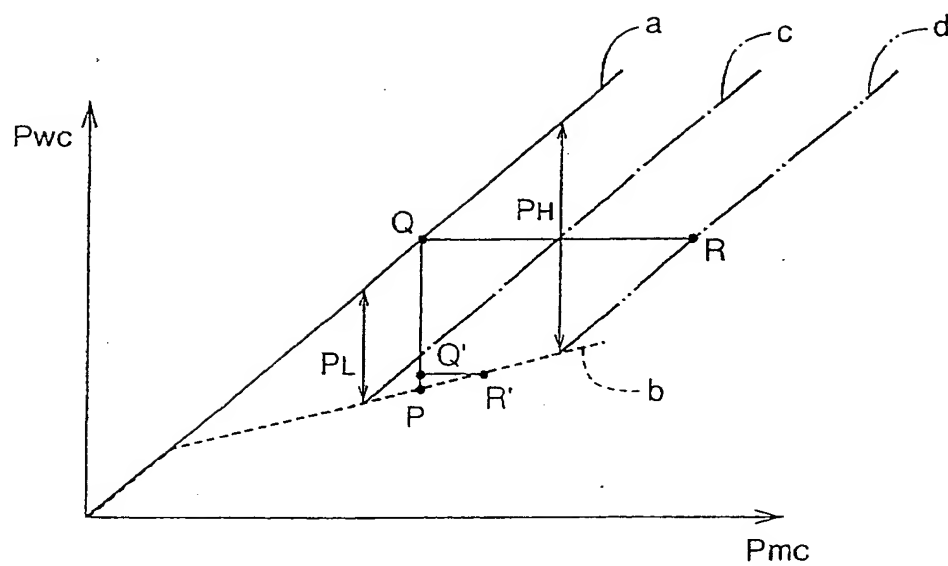


FIG. 8B

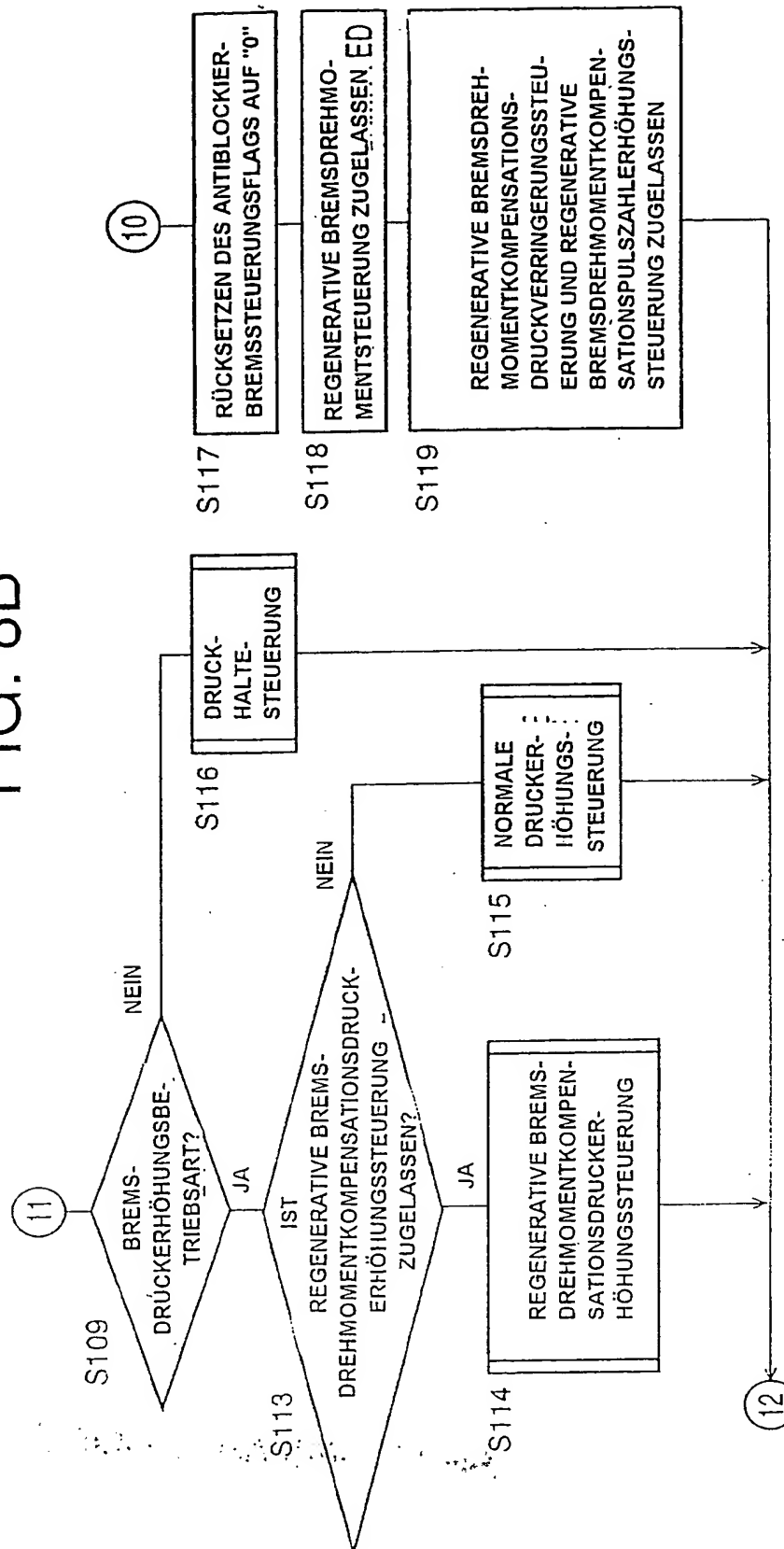
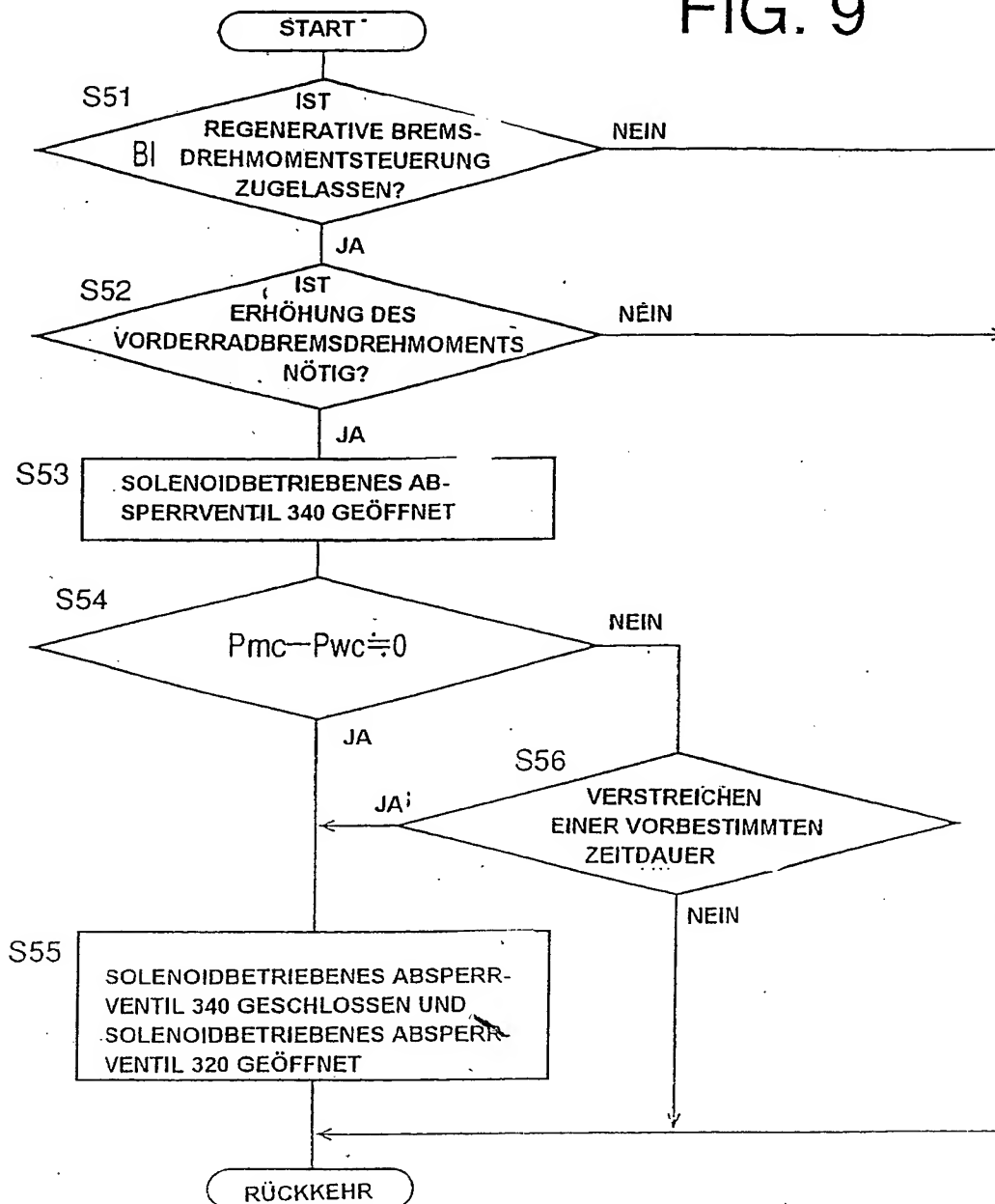


FIG. 9



BEST AVAILABLE COPY

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**